This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

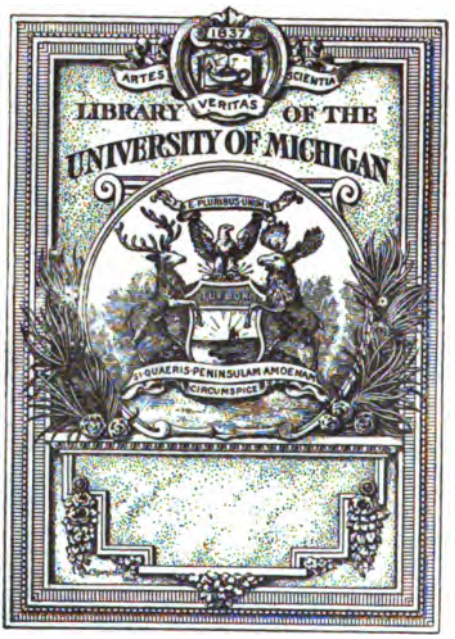
BUHR B
a39015 00000905 3b

Dr. Udo Müller,

Lehrbuch

der

Holzmeßkunde


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Mn-M

Forestry
SD
531
.M95
1902

Lehrbuch

der

Holzmeßkunde.

Von

Dr. Udo Müller,

a. o. Professor der Forstwissenschaft an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen.

Berlin.

Verlagsbuchhandlung Paul Parey.

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

SW., Hedemannstraße 10.

(1902)

Alle Rechte vorbehalten.

Vorwort.

In der forstlichen Litteratur der letzten Jahre hat das Gebiet der Holzmeßkunde eine verhältnismäßig geringe Berücksichtigung gefunden. Seit dem Erscheinen der vierten Auflage von Baurs Lehrbuch im Jahre 1891 ist eine zusammenfassende Arbeit, sofern man von den kurzen Darstellungen in einigen Lehrbüchern der Forsteinrichtungslehre absieht, überhaupt nicht veröffentlicht worden. Aber auch die bis dahin erschienenen Bücher scheinen, wie mir häufige Nachfragen von Studierenden beweisen, nicht immer dem Bedarfe zu entsprechen; sie sind entweder zu kurz gehalten oder unvollständig oder auch, wie die Arbeit v. Guttenbergs in Loreys Handbuche der Forstwissenschaft, nicht jedermann zugänglich, sodaß als wirklich praktisch benutzbar eigentlich nur das Baursche Werk übrig bleibt.

Unter diesen Umständen glaube ich nach mehrjähriger Lehrthätigkeit auf diesem Gebiete mit einem neuen Lehrbuche der Holzmeßkunde hervortreten zu dürfen. Es leitete mich bei seiner Abfassung vornehmlich der Gedanke, ein Lehrbuch zu schaffen, welches nicht nur allen berechtigten Ansprüchen an Vollständigkeit genügt, sondern auch dem eingehendere Belehrung Suchenden als eine Art Repertorium dienen kann. Zu diesem Zwecke sind die Litteraturnachweise zahlreicher, als man es sonst wohl gewöhnt ist, in den Text aufgenommen worden. In der Schreibweise habe ich mich bemüht, die Vereinbarungen des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten über eine einheitliche Formelschreibung innezuhalten, und in der Darstellung, auf die Benutzung der Differential- und Integralrechnung Verzicht zu leisten, überhaupt mich möglichster Einfachheit und Kürze zu befleißigen.

Leider haben mich mannigfache Vermehrungen meiner Dienstgeschäfte verhindert und verhindern mich zur Zeit noch, das begonnene Werk in der mir gesetzten Zeit zu vollenden. Um den fertigen Teil nicht über Gebühr liegen zu lassen, habe ich mich entschlossen, den ersten Abschnitt über die „Inhaltsbestimmung am gefällten Holze“ einstweilen zu veröffentlichen, was ja um so eher angänglich erscheint, als er ein in sich abgeschlossenes Ganze bildet. Ich darf dem forstlichen Lesepublikum das Erscheinen der folgenden Teile, welche zusammen etwa den doppelten Umfang des ersten einnehmen sollen, für das nächste Jahr in Aussicht stellen und hoffe dann die Winke einer freundlichen Kritik über das einstweilen Erschienene zum Vorteile des Ganzen benutzen zu können.

Karlsruhe, im Mai 1899.

Prof. Dr. Udo Müller.

Einteilung und Inhalt.

Einleitung. Seite

Begriff der Holzmeßkunde 1
Stellung im System 1
Geschichte 2
Litteratur 4

Erster Teil.
Inhaltsbestimmung des gefällten Holzes.

Vorbemerkungen.

1. Die Maßeinheiten 7
2. Die Sortimente 8
3. Die Baumformen im Allgemeinen 9

Erster Abschnitt.
Stereometrisches Kubierungsverfahren bei regelmäßig geformten Holzstücken.

Erstes Kapitel.
Theoretische stereometrische Formeln.

A. Für Vollkörper.

a) Inhaltsgleichung aus l und dem größten Durchmesser d_0 11
Berechnung des Formexponenten 14
b) Inhaltsgleichung aus l und einem beliebigen Durchmesser 15
c) Inhaltsgleichung aus l und mehreren Durchmessern 17

B. Für Kegelstümpfe.

a) Inhaltsgleichung aus l, dem größten und dem kleinsten Durchmesser 17
b) Inhaltsgleichung aus l und einem beliebigen Durchmesser 19
c) Inhaltsgleichung aus l und mehreren Durchmessern 21

Zweites Kapitel.
Die für die forstliche Praxis in Frage kommenden Formeln.

1. Smalians Formel 23
2. Hoßfelds Formel 24
3. Mittenflächen- (Hubers) Formel 28
4. Rieckesche Formel 32
5. Simonys Formel 33
6. Breymanns Formel 34
7. Weddles Formel 34

Seite
8. Sektionsweise Kubierung 35
9. Verschiedene andere Methoden 37
a) Nach dem geglichenen Durchmesser 37
b) nach Rudorf 38
c) nach Walter 39
d) nach Oetzel 39
e) Exponentialmethode 40
f) französische Methode aufs Fünftel 40
Zusammenstellung der wichtigsten Formeln 42
Zahlenbeispiel 44

Drittes Kapitel.

Die Ausführung der stereometrischen Kubierung.

A. Die Längenmessung 47
a) Die Instrumente 47
b) Fehler bei der Längenmessung 48
α) Die Größe der Fehler 48
β) Einfluß derselben auf den Stamminhalt 49
B. Die Durchmessermessung und Flächenermittelung.
a) Die Instrumente 50
I. Die Kluppe oder das Gabelmaß.
Im Allgemeinen 50
Die wichtigsten Kluppenkonstruktionen 52
A. Meßkluppen 52
a) mit einem festen Schenkel 52
1. einfachste 52
2. mit Feder und Schraube 53
3. mit Keil und Schraube 53
4. Haumannsche Führung 54
5. Rollenführung 55
6. Leistenführung nach Hartwich 55
7. Aldenbrückische Führung 55
b) mit zwei festen Schenkeln 57
c) Scherenkluppen 58
1. nach Lütken 59
2. nach Heidler 59
d) Stockkluppen 60
B. Meß- und Registrierkluppen 61
1. von Reuß 61
2. von Jachnoff 63
3. von Eck 63
4. von Bodenstein 64
5. von Buse 65
C. Kubierungskluppen 65
1. Württembergische Kubierungskluppe 65
2. Haumannsche Revolverkluppe 66
3. Schwedische Kubierungskluppe von Felenius 66
4. Hirschfelds Bestandsmassenkluppe 67

Seite

D. Präzisionskluppen für wissenschaftliche Zwecke 69
1. nach Friedrich 69
2. nach Starke 70
II. Baumzirkel und verwandte Instrumente 70
1. Kielmannscher Tasterzirkel 70
2. Leuthners Zirkelkluppe 71
3. Treffurthsche Winkelspanne 72
Stockkluppen 74
III. Das Durchmessermeßband 74
IV. Scherenkluppe, einfache Maßstäbe 75
b) Die Ermittelung der Baumquerflächen 77
1. Berechnung aus einem Durchmesser 78
2. Berechnung aus dem Umfange 78
3. Berechnung aus mehreren Durchmessern 79
4. Genaueste Flächenermittelung 80
c) Die Durchmesser- und Umfangfehler 82
α) Einfluß auf die Stammquerflächen 82
β) Einfluß auf den Stamminhalt 84
C. Rechnungshilfsmittel 86
Kubiktabellen 86
Webers Kubierungskreis 87
Schinzels Kubierungsstab 88
Schneiders Rundholzrechenapparat Kubus 87
D. Besondere stereometrische Kubierung nach Erfahrungszahlen.
1. Kubierung der Klötze aus Oberstärke und Länge 89
2. Kubierung der Stangen aus Unterstärke und Länge 90

Zweiter Abschnitt.

Physikalische Methoden der Inhaltsbestimmung.

A. Inhaltsermittelung durch Aichung, Xylometrie 94
Xylometer nach Reißig 95
Xylometer nach Heyer 97
B. Inhaltsermittelung mit Hilfe des spezifischen Gewichts, Hydrostatische Methode . . 99
C. Messen und Wägen 102
D. Festgehalt der Schichtmaße und der Rinde 103
Messungsverfahren und kubische Berechnung 103
Die den Festgehalt bedingenden Umstände 106
Die Reduktionsfaktoren 110
Der Festgehalt der Rinde 112

Abkürzungen für die Litteraturnachweise.

A. F. u. J. Z. = Allgem. Forst- und Jagd-Zeitung.
F. nat. Z. = Forstlich naturwissenschaftliche Zeitschrift.
F. Zbl. = Forstwissenschaftliches Zentralblatt.
J. d. schles. F. = Jahrbuch des schlesischen Forstvereins.
M. f. H. = Mündener forstliche Hefte.
M. u. Schl. = Verhandlungen der Forstwirte von Mähren und Schlesien.
M. f. F. u. J. = Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen.
M. a. d. f. V. W. Östr. = Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs.
M. d. Schw. Z. f. d. f. V. W. = Mitteilungen der Schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen.
Ö. F. = Österreichische Forst- und Jagdzeitung.
Ö. V. = Österreichische Vierteljahrschrift für Forstwesen.
Pr. F. f. d. Schw. = Der praktische Forstwirt für die Schweiz.
Th. f. J. = Tharander forstliches Jahrbuch.
V. Böhm. F. V. = Vereinsschrift des böhmischen Forstvereins.
Z. f. F. u. J. = Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.
Z. f. d. g. F. = Zentralblatt für das gesamte Forstwesen.
Schw. Z. = Schweizer Zeitschrift für das Forstwesen.

Einteilung und Inhalt.

Zweiter Teil.

Inhaltsermittelung des stehenden Baumes.

Seite

Allgemeine Vorbemerkungen 117

Erster Abschnitt

Die indirekte Höhen- und Stärkenmessung.

I. Die Höhenmessung.

A. Theorie der forstlichen Höhenmesser 118
B. Die Höhenmeßinstrumente 121

Erstes Kapitel.

Höhenmesser mit geometrischer Grundlage.

a) Mit direkter Standlinienmessung 122
  α) Anwendbar auf beliebige Entfernung 122
    1. Messung mit Hilfe von Visierstäben 122
    2. Meyer-Hoßfeldscher Höhenmesser 123
    3. Dendrometer von Winkler-Großbauer 124
    4. Spiegelhypsometer von Faustmann 126
    5. Höhenmesser von Weise 129
    6. Trümbachs Drehscheibenquadrat 130
    7. Höhenmesser I von Havlick 131
    8. Klaußners Höhenmesser 132
    9. Peltzmanns forstliches Universalinstrument 133
  β) Anwendbar nur von bestimmten Standorten 135
    10. Messung mittels rechtwinkelig-gleichschenkeligen Dreiecks 135
    11. Rueprechts Dendrometer 136
    12. Höhenmesser II von Havlick 138
    13. Das Nasenkreuz 140
    14. Stötzers Universaldiopter 141
b) Ohne direkte Standlinienmessung 141
    15. Dendrometer von Sanlaville 142
    16. Hypsometer von Ed. Heyer 144
    17. Höhenmesser von Christen 145
    18. Das Centimetermaß als Höhenmesser 148

Zweites Kapitel.

Trigonometrische Höhenmesser.

Seite

a) Höhenmesser mit Pendel 150
1. Der einfache Gradbogen 150
2. Der Meßknecht von Preßler 150
Höhenmesser von Spengler und Goulier 152
b) Frei pendelnde Instrumente 153
1. Höhenmesser nach Matthes und Zugmeier 153
2. Baumhöhenmesser von Matthes 154
3. Höhenmesser von Bose 155
4. Mayers Patent-Gefäll- und Höhenmesser 157
c) Höhen- und Gefällmesser mit Libelleneinstellung 158
1. Prozentgefällmesser nach Bohn 158
2. Prozentgefällmesser nach Fennel 158
3. Prozentgefällmesser nach Staudinger 158
d) Katoptrische Höhenmesser 159
1. Pfisters Höhenspiegel 159
2. Abneys Spiegeldiopter 161
3. Röthers Neigungsmesser 162
e) Instrumente nach Art des Theodoliten 164
1. Feld- und Waldtachymeter nach Deubel-Tesdorpf 164
2. Breymanns Universalinstrument 164
C. Allgemeine Betrachtungen zum Gebrauche der Höhenmesser 165

II. Die indirekte Baumstärkenmessung.

A. Bedeutung und Theorie der indirekten Baumstärkenmessung 169
B. Die Instrumente zur Baumstärkenmessung 175

Instrumente ohne Fernrohr.

1. Winklers Dendrometer 175
2. Klaußners Stärkenmesser 176
3. Rueprechts Dendrometer 177
4. Sanlavilles Dendrometer 178
5. Peltzmanns Dendrometer 178

Stärkenmesser mit Fernrohr.

1. Breymanns Universalinstrument 179
2. v. Guttenbergs Dendrometer 180
3. Dendrometer mit Mikrometerfernrohr 181
a) Wimmenauers Baummesser 182
b) Dendrometer von Starke 184
4. Stärkenmesser nach Raschke 185
5. Baumstärkenmesser von Friedrich 186
C. Resultate und Beobachtungsregeln bei der Durchmesserermittelung 187

Zweiter Abschnitt.

Die Methoden der Inhaltsermittelung stehender Bäume.

1. Kubierung nach den für liegende Stämme angewendeten Formeln 189
Sektionsweise Kubierung 190

Seite
2. Richthöhenmethode von M. R. Preßler 192
3. Inhaltsermittelung nach Formzahlen 201
A. Begriff der Formzahl 201
Historisches 202
B. Theorie der Formzahl, Formzahlarten 203
1. Die absoluten oder Grundflächenformzahlen 204
2. Die unechten oder Brusthöhenformzahlen 205
3. Die echten oder Normalformzahlen 206
C. Die Formzahlarten im einzelnen 206
a) Die Brusthöhenformzahl 206
α) Die bisherigen Erhebungen, Formzahltafeln 207
β) Abhängigkeit der Brusthöhenformzahl von verschiedenen Umständen 211
1. Einfluß des Wachstumsgebietes 211
2. Einfluß der Bonität und des Schlußgrades 213
3. Einfluß des Alters 214
4. Einfluß der Scheitelhöhe 215
5. Einfluß des Brusthöhendurchmessers 217
6. Einfluß einiger anderer Faktoren 217
a) Feststellung des Bodenpunktes 217
b) Feststellung der Stockhöhe 218
c) Einfluß von Kronenansatz und Kronenmasse 219
γ) Ermittelung von Einzelformzahlen 219
Methode von Kunze 220
Methode von Schaal 221
b) Die echte Formzahl 222
Echte Formzahlen nach Preßler 223
Echte Formzahlen nach Kunze 226
c) Die absolute Formzahl 227
α) Absolute Formzahl nach Hans Riniker 228
β) Bodenhöhenformzahl nach Prof. Speidel 231
d) Die Formhöhe 232
4. Inhaltsermittelung nach Massentafeln 233
5. Okularschätzung und Näherungsverfahren 234
Denzins Methode 235
6. Ermittelung der Ast- und Stockholzmassen 236
Tafel der Astmassenprozente 237
Astholzgehalte nach Prof. Dr. Kunze 237

Einteilung und Inhalt.

Dritter Teil.

Inhaltsermittelung des ganzen Bestandes.

Seite

Allgemeine Vorbemerkungen 239
Syſtem der Beſtandsmaſſenermittelungsmethoden 241

Erſter Abſchnitt.

Die Beſtandsmaſſenermittelung durch Meſſung.

Erſtes Kapitel.

Die Ermittelung der Stammzahl, der Durchmeſſer und der Höhen . . . 242

Zweites Kapitel.

Die Ermittelung der Holzmaſſe.

1. Über Probeſtämme und Mittelſtämme im allgemeinen 253
   a) Begriff und Bedeutung 253
   b) Berechnung der Probeſtammdimenſionen 254
   c) Auswahl der Probeſtämme im Beſtande 259
   d) Die Anzahl der Probeſtämme 260
   e) Die Kubierung der Probeſtämme 262
2. Die Methoden der Beſtandsmaſſenermittelung durch Meſſung 264
   A. Inhaltsermittelung nach Durchmeſſerſtufen 264
      a) Gleichmäßige Verteilung der Probeſtämme 264
         Urſprüngliche Verfahren 264
            α) Mit reellen Probeſtämmen 266
               Kubierung derſelben 266
            β) Mit ideellen Probeſtämmen 267
               1. Inhaltsermittelung derſelben nach allgemeinen Maſſentafeln 267
                  a) Bedeutung der Maſſentafeln 267
                  b) Konſtruktion der Maſſentafeln 268
                  c) Gebrauch der Maſſentafeln 269
                  d) Prüfung der Maſſentafeln 271
                  e) Geſchichtliches 272
               2. Inhaltsermittelung nach allgemeinen Formzahlen 274
               3. Inhaltsermittelung nach lokalen Maſſentafeln . 275
                  Speidels Maſſenkurvenverfahren 275

Seite

b) Proportionale Verteilung der Probestämme, Prinzip von Draudt . 276
Das Draudtsche Verfahren 278
B. Vereinigung benachbarter Durchmesserstufen zu Durchmesserklassen . . . 280
a) Beliebige Abgrenzung der Klassen 281
Verfahren der Preußischen Versuchsanstalt 282
b) Anwendung des Draudtschen Prinzipes 282
1. Klassen ungleicher Stammzahl 282
Urichs Verfahren I 282
2. Klassen mit gleicher Stammzahl 283
α) Urichs Verfahren II 283
β) Urichs Verfahren III 286
c) Klassen gleicher Stammgrundfläche 287
Rob. Hartigs Verfahren 287
C. Vereinigung sämtlicher Durchmesserstufen, Methode des Bestandsmittelstammes 289
a) Der Mittelstamm als Repräsentant der Holzmasse 289
b) Der Mittelstamm als Repräsentant der Bestandsformzahl, -Formhöhe oder -Richthöhe 292
1. Inhaltsermittelung mit Hilfe der Bestandsformzahl 292
2. Inhaltsermittelung mit Hilfe der Bestandsformhöhe 295
3. Inhaltsermittelung mit Hilfe der Bestandsrichthöhe 298
Anhang 299
Methode von Prytz 299
Näherungsverfahren von Metzger 299

Zweiter Abschnitt.

Die Bestandsmassenermittelung durch Schätzung.

Erstes Kapitel.

Teilweise Schätzung, Probeflächenmethode.

A. Gewöhnliche Probeflächen 300
a) Zweck und Bedeutung der Probeflächen 300
b) Auswahl der Probeflächen 301
c) Inhaltsermittelung der Probeflächen 303
d) Würdigung 304
B. Kreisprobeflächen nach Zetzsche 304
Anhang 305
Das Behringersche Schätzungsverfahren 305

Zweites Kapitel.

Vollständige Schätzung. Okularschätzung.

A. Stammweise Abschätzung 306
B. Flächenweise Abschätzung 307
a) Nach Ertragstafeln 308
b) Mit Hilfe der Abstandszahl 309
c) Das Gerding-Borggrevesche Näherungsverfahren 311

Drittes Kapitel.

Die Schätzung des Nebenbestandes 312

Dritter Abschnitt.

Die Wahl der Ermittelungsmethode.

Seite
1. Nach dem Zwecke der Aufnahme 314
Die Methoden für forststatische Untersuchungen 315
Die Methoden bei Eigentumsänderungen 316
Die Methoden für Forsteinrichtungszwecke 317
2. Einfluß der allgemeinen wirtschaftlichen Verhältnisse 319
3. Einfluß der speciellen Bestandsverhältnisse 320

Die Ermittelung des Alters.

Einleitung 321
Der Zweck der Altersbestimmung 321

Erstes Kapitel.

Das Alter des Einzelstammes.

A. Altersermittelung am gefällten Baume 322
Wirtschaftliches und faktisches Alter 323
B. Altersermittelung am stehenden Baume 324
1. Mit Hilfe des Zuwachsbohrers 324
2. Durch Abzählen der Astquirle 225
3. Mit Hilfe der Buchführung 325
4. Durch gutachtliche Schätzung 325

Zweites Kapitel.

Das Alter ganzer Bestände.

A. Bestimmung des Alters gleichalter Bestände 326
B. Bestimmung des Alters ungleichalter Bestände 327
1. Das Formelalter 328
a) Das Massenalter nach Smalian 328
b) Das Flächenalter nach Heyer 329
α) Benutzung der Stammkreisfläche 329
β) Benutzung der Bestandsfläche 330
2. Das Probestammalter 330
3. Das Ertragstafelalter 332
4. Das relative Älterwerden 332

Die Ermittelung des Zuwachses.

Allgemeine Vorbemerkungen 334
Begriff und Arten des Zuwachses 335
Bedeutung des Zuwachses 336
Beziehungen zwischen dem laufenden und dem durchschnittlichen Zuwachse . . 337

Erstes Kapitel.

Die Zuwachsermittelung am Einzelstamme.

Seite

A. Der absolute Betrag des Zuwachses 340
1. Die Ermittelung des Höhenzuwachses 340
2. Die Ermittelung des Durchmesser- und Flächenzuwachses 343
Am gefällten Stamme 343
Am stehenden Baume 346
Der Zuwachsbohrer 346
3. Die Ermittelung des Massenzuwachses 348
A. Am gefällten Stamme 349
a) Sektionsverfahren 349
Stammanalyse 350
b) Durch Mittenmessung 351
Am zuwachsrecht entwipfelten Stamme 351
B. Am stehenden Baume 353
a) Nach Formzahlen 353
b) Nach Prozentsätzen 354
c) Nach dem Gesamtaltersdurchschnittszuwachse 355
C. Anhang 355
a) Ermittelung des Zuwachses an Astholz und Reisig 355
b) Ermittelung des künftigen Zuwachses 356
B. Das Zuwachsprozent 356
1. Allgemeines 356
2. Das Durchmesser- und Flächenzuwachsprozent 359
3. Das Massenzuwachsprozent 361
a) Am gefällten Stamme 361
α) Nach Sektionsmessung 361
β) Am zuwachsrecht entwipfelten Stamme, relativer Durchmesser 361
b) Am stehenden Baume 363
α) Preßlers Verfahren 363
β) Die Schneidersche Formel 365

Zweites Kapitel.

Die Zuwachsermittelung am Bestande.

Vorbemerkungen 369
Die Methoden der Zuwachsermittelung 371
1. Die direkte Messung am Bestande selbst 371
2. Mit Zuwachs- oder Ertragstafeln 372
a) Begriff und Bedeutung der Ertragstafeln 372
b) Geschichtliches und Litteratur 373
c) Die Aufstellung der Ertragstafeln 375
d) Die Anwendung der Ertragstafeln 379
3. Nach dem Durchschnittszuwachse 379
4. Nach erfahrungsgemäßen Zuwachsprozenten 380

Namen- und Sachregister 383

Einleitung.

Begriff.

Die **Holzmeßkunde** lehrt die Massenberechnung, Altersbestimmung und Zuwachsermittelung des Holzes.

Synonym wurden früher gebraucht die Ausdrücke: Holztaxation (König, Pfeil); Baum- und Bestandesschätzung, veraltet und unzutreffend; Forstliche Stereometrie (Hoßfeld), einseitige Hervorhebung eines Teiles der Holzmeßkunde; Holzmeßkunst (Klauprecht, Smalian, Breymann, Kunze), das Wort „Kunst", dem Gebiete der Ästhetik zugehörig, ist für ein wissenschaftliches Können im Allgemeinen nicht anwendbar.

Von der Holzmeßkunde zu trennen ist die **forstliche Ertragskunde**, welche uns Aufschluß über die natürlichen Gesetze des Holzerwuchses, über den Einfluß aller wirtschaftlichen Verhältnisse und forstlichen Maßnahmen auf die Menge des im Walde wirklich erzeugten Holzes zu geben versucht. Während erstere, in der Hauptsache auf mathematische und physikalische Gesetze begründet, einen mehr theoretischen Charakter trägt, kommt letzterer die Bedeutung einer auf exakten und systematischen Untersuchungen im Walde und auf statistischer Methode fußenden, praktisch empirischen Wissenschaft zu.

Die Massenermittelung von beschlagenem oder anderweit bearbeitetem Holze liegt außerhalb der forstlichen Thätigkeit und gehört nicht mehr in das Gebiet der Holzmeßkunde. Sie bietet auch in der Regel so wenig oder gar keine über elementare Anforderungen hinausgehende Schwierigkeiten, daß die Erörterung solcher Fragen auch in vorliegender Arbeit füglich unterlassen werden darf.

Stellung im Systeme der Forstwissenschaft.

Der Holzmeßkunde gebührt die Stellung einer selbständigen Disziplin im Systeme der Forstwissenschaft als Teil der forstlichen Betriebslehre. Früher wurde sie als Teil der Forsteinrichtungslehre betrachtet, einige Lehrbücher derselben (Graner, Stötzer) thun dies sogar jetzt noch. Bei der Ausdehnung jedoch, welche die Holzmeßkunde in neuerer Zeit gewonnen hat, bei der Verfeinerung der angewendeten Instrumente und Rechnungsmethoden erscheint dies nicht mehr zulässig. Und wenn auch die Kenntnis unserer Disziplin für die

Behandlung vieler Forsteinrichtungsfragen eine unbedingte Voraussetzung sein mag, so kann dies die Zugehörigkeit nicht begründen, denn mit demselben Rechte könnte dann auch die Waldwertrechnung, welche für viele ihrer Aufgaben die Holzmeßkunde als Hilfswissenschaft gebraucht, darauf Anspruch erheben. Auch für einzelne Gebiete der Forstbenutzung und des Waldbaues erbringt sie wertvolle Unterlagen.

Einteilung.

Man kann das ganze Gebiet der Holzmeßkunde unterbringen in folgenden 5 für sich abgeschlossenen Teilen.

I. Inhaltsbestimmung des gefällten Holzes,
II. Inhaltsbestimmung des stehenden Baumes,
III. Inhaltsbestimmung ganzer Bestände,
IV. Altersermittelung des Holzes,
V. Zuwachsermittelung.

Geschichte.

Solange Holz im Überfluß vorhanden war und einen geringen Geldwert repräsentierte, konnte auch kein Bedürfnis zu einer Ausmessung desselben entstehen und es wurde im Mittelalter auch dann noch, als man sich bei der Holzabgabe gewisse Beschränkungen auferlegen mußte, das Holz oft einfach flächenweis abgegeben. Einen Fortschritt stellt es schon dar, wenn man Nutzholz stammweis und Brennholz nach Wagenladungen verkaufte. Bald aber kam zunächst für letzteres das Klaftermaß auf, dessen Größe allerdings außerordentlich schwankte. Die Nutzholzstämme wurden dann noch später nach ihrer Verwendung sortiert und bewertet, ohne daß man jedoch daran gedacht hätte, ihren Inhalt zu ermitteln. Man teilte sie einfach nach Länge und Zopfstärke gewissen Wertsklassen zu. Flemming*) unterscheidet z. B. im Jahre 1723 6, 7 und 8spännige Stämme, deren Umfang er nach „Spannen" mit einer Kette ermittelt und noch im Jahre 1750 wurden beispielsweise in den fürstlichen Wäldern von Speyer**) „ganze Bäume" 30 Schuh lang und am Ablaß 20—24 Zoll dick, Preis 22 fl. und „halbe Bäume" 21—29 Schuh lang und 21 Zoll dick, Preis 11 fl. verkauft. Gleichzeitig allerdings wurden dort aber auch bereits Eichen nach dem Kubikfuß gekauft.

Bisweilen schätzte man auch, wie viele Bretter ein Stamm liefern könne und bemaß danach seinen Wert, aber immer, ohne sich um den Festgehalt des Stammes zu kümmern.

*) Flemming, Der vollkommene teutsche Jäger. 1723. II. Teil, S. 269.

**) Hausrath, Forstgeschichte der rechtsrheinischen Teile des ehemaligen Bistums Speyer. Berlin 1898, S. 86.

Zeitgenossen von Flemming, die holzgerechten Jäger, wie J. G. Beckmann namentlich, ferner v. Zanthier verbesserten die okularen Schätzungsmethoden, die Grundlagen zu einer präziseren Massenermittelung des Einzelstammes legte aber erst Oettelt 1765 mit seiner bekannten Schrift „Praktischer Beweis, daß die Matheſis bey dem Forstwesen unentbehrliche Dienste thue". Ob der alte Döbel den Inhalt eines Stammes ausrechnen konnte, ist zweifelhaft, er redet zwar in seiner „Jägerpraktika" III. 75 vom Ausmessen des körperlichen Inhalts, doziert aber dabei nur eine annähernde Berechnung des Mittenumfanges eines Stammes. Oettelt dagegen berechnet denselben als geradseitigen Kegel, während der gelehrte Pfarrer Vierenklee im Jahre 1767 in seinen „Mathematischen Anfangsgründen der Arithmetik und Geometrie" die Formel des geglichenen Durchmessers lehrt. Zwanzig Jahre später, in einer Instruktion zur Taxation der Forsten vom 17. Juni 1788, rechnet C. W. Hennert*) zwar auch noch nach dieser Formel, „allein er muß jedesmal noch zu jedem Stück einen kleinen Cylinder addieren, der die halbe Differenz der beiden Diameter zum Diameter seiner Basis und den dritten Teil der Länge des Stückholzes zur Höhe hat". Fast gleichzeitig, 1781, giebt Krünitz**) in seiner „Oekonomischen Enzyklopädie" die Formel γ h an, welche zur Konstruktion von Kubiktabellen benutzt wurde, die 1787 in Gießen erschienen. H. A. Däzel***) kennt 1786 dieses Verfahren noch nicht.

Von dieser Periode an nahm jedoch die Lehre von der Holzmeßkunde einen raschen Aufschwung, und zwar in allen ihren Teilen. Von dem rechtwinkligen Dreieck, welches Döbel zur Höhenmessung stehender Bäume anwendete, von der Benutzung ähnlicher Dreiecke aus Holzstäben, wie sie Jung und Däzel erwähnen, bis zu den „Erdmikrometer" von Dr. Reinhold†) (1780) oder dem Burgsdorfschen Instrument, welche Vorläufer des Klaußnerschen Höhenmessers waren, ist doch schon ein wesentlicher Fortschritt. Däzel kennt ein ganz modern eingerichtetes Bandmaß (S. 9), H. v. Cotta 1804 die Kluppe††), Oettelt ermittelt den Festgehalt der Schichtmaße stereometrisch, Hennert erfindet das xylometrische Verfahren.

Gegenüber den früheren rohen Taxationsverfahren zur Massenermittelung ganzer Bestände, stellt die viel angefeindete bekannte Nägelmethode von J. Gottl. Beckmann einen bedeutenden Fortschritt dar. Probeflächen, deren Masse geschätzt oder durch Kahlhieb ermittelt wurde, kannte schon Flemming. Durch Forstmänner, wie J. L. Späth (1759—1842), J. W. Hoßfeld (1768—1837, Dreißigacker), J. G. Winkler (1776—1853, Mariabrunn),

*) Siehe dessen „Anweisung zu Taxation der Forsten". Berlin 1791, S. 205.

**) Schwappach, Handbuch der Forst- und Jagdgeschichte, Berlin 1886, S. 560.

***) G. A. Däzel, Praktische Anleitung zur Taxierung der Wälder, München 1786, S. 17.

†) Schwappach, a. a. O. 561.

††) Systematische Anleitung zur Taxation der Waldungen, Berlin 1804.

F. X. Huber (1769—1842), Heinrich v. Cotta (1763—1844, Tharand), G. König (1776—1849, Eisenach), H. L. Smalian (1785—1848), v. Riecke (1794—1864, Hohenheim) wurde die Holzmeßkunde zu dem Range einer Wissenschaft erhoben und mit und nach diesen hat um die weitere Ausbildung derselben eine große Zahl von Männern der Praxis und der Wissenschaft, deren Namen in den folgenden Ausführungen oft genannt werden müssen, sich unvergängliche Verdienste erworben.

Litteratur.

In der gesamten Forstwissenschaft haben mit wenigen Ausnahmen alle Bücher, welche im vorigen Jahrhundert, ja auch noch in den ersten Dezennien des gegenwärtigen erschienen sind, ausschließlich nur noch historischen Wert. Dasselbe gilt auch von den Arbeiten über Holzmeßkunde im Einzelnen, sodaß die nachfolgende Litteraturübersicht ohne Nachteil erst mit den Erscheinungen der vierziger Jahre beginnen kann. Auf dem Gebiete der eigentlichen theoretischen Holzmeßkunde ist Dank der Leistungen berühmter Vorfahren gegenwärtig nur in einzelnen Punkten etwas Neues und gleichzeitig Brauchbares zu bringen, die neueren Arbeiten bewegen sich hauptsächlich auf dem Gebiete der praktischen Ertragskunde. Da aber beides in der Litteratur häufig vermengt wird oder werden muß, so sollen auch die Resultate des forstlichen Versuchswesens zum Teil hier Erwähnung finden.

Wilh. Hoßfeld, Niedere und höhere praktische Stereometrie. Leipzig 1812.

Dr. **G. König**, Die Forst-Mathematik mit Anweisung zur Forstvermessung 2c. Gotha 1835. 5. Auflage. Besorgt von Dr. Grebe. Gotha 1864.

L. Smalian, Beitrag zur Holzmeßkunst. Stralsund 1837.

Derselbe. Anleitung zur Untersuchung des Waldzustandes. Berlin 1840.

Dr. **Klauprecht**, Die Holzmeßkunst. Karlsruhe 1842 u. 1846.

Dr. **Karl Heyer**, Anleitung zu forststatischen Untersuchungen. Gießen 1846.

H. Karl, Abhandlung über die Ermittelung des richtigen Holzbestandsalters 2c. Frankfurt a. M. 1847.

Dr. **Friedr. Riecke**, Über die Berechnung des körperlichen Inhalts unbeschlagener Baumstämme. Stuttgart 1849.

Dr. **Gust. Heyer**, Über die Ermittelungen der Masse, des Alters und des Zuwachses der Holzbestände. Dessau 1852.

Stahl, Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehalts stehender Bäume. Rüdersdorf, Selbstverlag 1852.

M. Rob. Preßler, Der Meßknecht. Braunschweig 1852. 3. Aufl. 1862.

Derselbe. Neue holzwirtschaftliche Tafeln. Dresden 1857. 2. Aufl. unter dem Titel: Forstliches Hilfsbuch für Schule und Praxis. Dresden 1869. 6. Aufl. Berlin 1874.

M. Rob. Preßler, Gesetze der Stammbildung. Leipzig 1865.
Derselbe, Zum Zuwachsbohrer. 3. Aufl. Tharand 1886. 4. Aufl. 1898 v. Neumeister.
Karl Breymann, Anleitung zur Aufnahme der Holzmasse ꝛc. Berlin 1857.
Derselbe, Anleitung zur Holzmeßkunst. Berlin 1868.
Dr. **Aug. Draudt**, Die Ermittelung der Holzmassen. Gießen 1860.
Kohli, Anleitung zur Schätzung stehender Kiefern ꝛc. Berlin 1861.
Dr. **Eduard Heyer**, Zur Holzmassenermittelung ꝛc. Gießen 1861.
Derselbe, Über Messung der Höhen sowie der Durchmesser. Gießen 1870.
Franz Großbauer, Das Winklersche Taschen-Dendrometer. Berlin 1864.
Dr. **Nördlinger**, Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers. Stuttgart 1871.
Alfred Püschel, Die Baummessung und Inhaltsbemessung nach Formzahlen und Massentafeln. Leipzig 1871.
Hans Riniker, Über Baumform und Bestandesmasse. Aarau 1873.
Dr. **Max Kunze**, Lehrbuch der Holzmeßkunst. Berlin 1873.
Derselbe, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehalts der Waldbestände. Berlin 1886. 2. Aufl. 1891.
Derselbe. Neue Methoden zur raschen Berechnung der unächten Schaftformzahl der Fichte und Kiefer. Dresden 1891.
Ferd. Langenbacher, Forstmathematik. Berlin 1875.
Dr. **Tuisko Lorey**, Über Probestämme. Frankfurt a. M. 1877.
Derselbe, Über Stammanalysen. Stuttgart 1880.
Dr. **Oskar Simony**, Über das Problem der Stammkubierung als Grundlage der Berechnung von Formzahltabellen und Massentafeln. Wien 1879.
Dr. **F. Baur**, Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde. Augsburg 1879.
Derselbe, Formzahlen und Massentafeln für die Fichte. Berlin 1890.
Derselbe, Die Holzmeßkunde. Berlin, 4. Aufl. 1891.
Aug. Ganghofer, Das forstliche Versuchswesen. 2 Bde. Augsburg 1881 und 1884.
F. Fankhauser, jun., Praktische Anleitung zur Bestandsaufnahme mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Wirtschaftseinrichtung der Schweiz. Bern 1884. 2. Aufl. 1891.
Gust. Kraft, Beiträge zur forstlichen Zuwachsrechnung und zur Lehre vom Weiserprozent. Hannover 1885.
Walther, Die Ermittelung der Bestandsholzmassen mit Hilfe der Bestandsrichthöhe. Diss. Gießen 1886.
Ad. v. Guttenberg, Die Holzmeßkunde, in Loreys Handbuch der Forstwissenschaft. Tübingen 1887.
Dr. **Adam Schwappach**, Leitfaden der Holzmeßkunde. Berlin 1889.
Langenbacher und **Nossek**, Lehr- und Handbuch der Holzmeßkunde. 1. Teil, die Kubierung des Holzes in liegendem Zustande. Leipzig 1889.

Kalk, Der Zuwachs an Baumquerfläche, Baummasse und Bestandsmasse. Berl. 1889.
Oetzel, Neue Formeln zur Berechnung des Rauminhaltes voller und abgestutzter Baumschäfte. Wien 1892.
Dr. **Speidel**, Beiträge zu den Wuchsgesetzen des Hochwaldes. Tübingen 1893.
Eberhard, Die Inhaltsberechnung des Langnutzholzes in der Praxis, mit besonderer Berücksichtigung der in Württemberg geltenden Vorschriften. Berl. 1894.
G. Hüffel, les arbres et les peuplements forestiers, formation de leur volume et de leur valeur. Paris-Nancy 1893.

Von Lehrbüchern der Forsteinrichtung, welche nach altem Systeme die Holzmeßkunde mit einschließen, mögen angeführt werden:

Heyer, Waldertragsregelung. 3. Aufl. Leipzig 1883.
Borggreve, Die Forstabschätzung. Berlin 1888.
Graner, Die Forstbetriebseinrichtung. Tübingen 1889.
Weber, Lehrbuch der Forst-Einrichtung. Berlin 1891.
Stötzer, Die Forsteinrichtung, Frankfurt a. M. 1898.

Von neueren Massen- und Formzahltafeln seien die folgenden, auf Grund des Arbeitsplanes des Vereins deutscher forstlicher Versuchsstationen bearbeiteten, angeführt:

Dr. **F. Baur**, Formzahlen und Massentafeln für die Fichte. Berlin 1890.
Dr. **A. Schwappach**, Formzahlen und Massentafeln für die Kiefer. Berlin 1890.
K. Schuberg, Formzahlen und Massentafeln für die Weißtanne. Berlin 1891.
W. Horn, Formzahlen und Massentafeln für die Buche. Herausgegeben von Dr. Grundner. Berlin 1898.
Hilfstafeln zur Inhaltsbestimmung von Bäumen und Beständen der Hauptholzarten, herausgegeben nach den Arbeiten des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten. Berlin 1898.
Dr. **M. Kunze**, Formzahlen der gemeinen Kiefer. Suppl. V zum Tharander forstlichen Jahrbuch. Dresden 1889.
Derselbe, Formzahlen der Fichte. Suppl. V, ebenda.
Derselbe, Die absoluten Formzahlen der gemeinen Kiefer. Suppl. VII, ebenda.
K. Böhmerle, Formzahlen und Massentafeln der Schwarzföhre. Mitteilungen aus dem forstl. Vers.-Wesen Österreichs. Wien 1893.

Die Hilfstafeln, Kubiktabellen sind an späterer Stelle angegeben, die ausschließlich, dem Gebiete der Ertragskunde angehörigen Werke, in Sonderheit die meisten Ertragstafeln werden übergangen. Dagegen sei noch auf die reiche Litteratur in den forstlichen Zeitschriften hingewiesen, von welchen die Supplemente des Tharander forstlichen Jahrbuchs mit den wertvollen Arbeiten, insbesondere von Preßler und Kunze, die Allg. Forst- und Jagdzeitung, auch die ehemalige Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen (Schmidt), Suppl. 1, besonders genannt seien.

Erſter Teil.

Inhaltsbeſtimmung am gefällten Holze.

Allgemeine Vorbemerkungen.

1. Maßeinheiten.

Eine jede Meſſung ſetzt die Anwendung einer Vergleichsgröße, eines Maßes voraus. Dieſe Größe läßt ſich zwar beliebig wählen, theoretiſch richtig, aber zugleich auch praktiſch am zweckmäßigſten wäre nur eine Maßeinheit, welche, von der Natur gegeben, ewig unveränderlich, zu jeder Zeit geſtatten würde, die Größe des Urmaßes wieder feſtzuſtellen. Dieſem Probleme, das in ſeiner vollen Ausdehnung noch ungelöſt iſt, iſt man in dem metriſchen Maß- und Gewichtsſyſtem einigermaßen nahe gekommen.

Nach dieſem iſt die Maßeinheit der Längenmaße der Meter (m), gleich dem zehnmillionten Teile des Erdquadranten, (genau gleich dem 10000859ten Teile),*) als Maßeinheit für Flächenmeſſungen dient der Quadratmeter (qm), ein Quadrat von 1 m Seitenlänge, für Raummeſſungen der Kubikmeter (cbm), ein Würfel von 1 m Kantenlänge.

Als Gewichtseinheit dient das Gewicht eines Kubikmeters chemiſch reinen Waſſers im Zuſtand ſeiner größten Dichte bei + 4° Cels.

Dieſe ſämtlichen Maße ſind nach dem Dezimalſyſtem abgeſtuft, die einzelnen Bezeichnungen dafür ſind ſo bekannt, daß hier wohl auf deren eingehende Wiedergabe verzichtet werden darf.

*) 1792 von Méchain und Delambre durch Gradmeſſung von Dünkirchen bis Barzelona unter Annahme einer Polarabplattung von $^1/_{334}$ des Äquatordurchmeſſers zu 443,295936 alten Pariſer Linien ermittelt, am 10. Dezember 1799 auf 443,296 a. P. L. feſtgeſetzt und für Frankreich angenommen. Urmeter aus Platin in Paris aufbewahrt. 1803 in Italien, ſpäter in Holland, Belgien, Griechenland, Türkei, Spanien, Öſterreich-Ungarn, 1868 für den Norddeutſchen Bund und nach Gründung des Deutſchen Reiches auch für dieſes angenommen. 1875 ſog. Meterkonferenz in Paris.

Entsprechend diesen allgemeinen Bestimmungen ist im Jahre 1875 nach den Beschlüssen der Bevollmächtigten der Regierungen von Preußen, Bayern, Sachsen, Württemberg, Baden und Sachsen-Gotha als Rechnungseinheit für Holz der Kubikmeter fester Holzmasse, der Festmeter (fm) eingeführt worden.*) In diesem Maße wird der Festgehalt aller einzelnen stärkeren Holzstücke direkt ermittelt und ausgedrückt. Solche Holzstücke jedoch, welche wegen ihrer unregelmäßigen Form oder wegen ihrer geringen Dimensionen nicht einzeln vermessen werden können, werden zu mehreren in bestimmte Schicht- oder Raummaße eingelegt und zunächst nach solchen gemessen. (Raumkubikmeter, Raummeter (rm), Ster in Süddeutschland.) Der Inhalt desselben an fester Holzmasse ist natürlich je nach der Form der eingeschichteten Holzstücke ein verschiedener und muß für Vergleichszwecke nach bestimmten Erfahrungszahlen in Festmeter umgerechnet werden.

2. Sortimentsbildung.

Von sämtlichem im Walde anfallenden Holze werden die nach Form und Dimensionen, zum Teil auch die nach Herstammung und Verwendungszweck übereinstimmenden Stücke behufs einheitlicher Vermessung und Verwertung in bestimmte Gruppen, Sortimente, vereinigt.

Nach den soeben erwähnten „Bestimmungen über die Einführung gleicher Holzsortimente und einer gemeinschaftlichen Rechnungseinheit für Holz im Deutschen Reiche vom 23. August 1875“ unterscheidet man, abgesehen von den mannigfaltigen aus lokalen Verhältnissen sich ergebenden Spezialsortimenten mit ihren landesüblichen Bezeichnungen, folgende Sortimente:

a) Nach den Baumteilen.

A. Derbholz. Die oberirdische Holzmasse mit über 7 cm Durchmesser, einschließlich der Rinde gemessen, mit Ausschluß des bei der Fällung am Stocke bleibenden Schaftholzes.

B. Nichtderbholz. Die übrige Holzmasse, welche zerfällt in:

α) Reisig: Die oberirdische Holzmasse bis einschließlich 7 cm Durchmesser aufwärts.

β) Stockholz: die unterirdische Holzmasse und der bei der Fällung daran bleibende Teil des Schaftes.

b) In Bezug auf die Gebrauchsart.

1. Bau- und Nutzholz.

A. Langnutzholz. Das sind Nutzholzabschnitte, welche nicht in Schichtmaßen aufgearbeitet, sondern kubisch vermessen und berechnet werden.

*) Nur die Bayerische Staatsforstverwaltung verwendet in ihrer Buchführung als Einheit den Raummeter.

Stämme sind diejenigen Langnutzhölzer, welche über 14 cm Durchmesser haben, bei 1 m oberhalb des unteren Endes gemessen.

Stangen sind solche entgipfelte oder unentgipfelte Langnutzhölzer, welche bis mit 14 cm Durchmesser haben, bei 1 m oberhalb des unteren Endes gemessen. Sie werden unterschieden als:

a) Derbstangen: über 7 bis 14 cm } bei 1 m oberhalb des unteren
b) Reisstangen (Gerten): bis mit 7 cm } Endes gemessen.

B. Schichtnutzholz. Das ist in Schichtmaßen eingelegtes oder eingebundenes Nutzholz.

Nutz-Scheitholz: in Schichtmaßen eingelegtes Nutzholz von über 14 cm Durchmesser am oberen Ende der Rundstücke.

Nutz-Knüppelholz (Prügelholz): in Schichtmaßen eingelegtes Nutzholz von über 7 bis 14 cm Durchmesser am oberen Ende der Rundstücke.

Nutzreisig: in Schichtmaßen eingelegtes (Raummeter) oder eingebundenes (Wellen 2c.) Nutzholz bis mit 7 cm Durchmesser am stärkeren unteren Ende der Stücke.

C. Nutzrinde. Nutzrinden sind die vom Stamme getrennten Rinden, soweit sie zur Gerberei oder zu sonstigen technischen Zwecken benutzt werden.

2. Brennholz.

Folgende Brennholzsortimente sind zu unterscheiden:

1. Scheite, ausgespalten aus Rundstücken von über 14 cm Durchmesser am oberen Ende.
2. Knüppel (Prügel) 7 bis 14 cm Durchmesser am oberen Ende.
3. Reisig, bis mit 7 cm Durchmesser am unteren Ende.
4. Brennrinde.
5. Stöcke.

3. Die Baumformen im Allgemeinen.

Der Aufbau der Holzgewächse erfolgt nach den Gesetzen der Symmetrie, mag auch dieselbe bisweilen durch die Mannigfaltigkeit in den Erzeugnissen der schöpferischen Natur verdeckt erscheinen. Insbesondere am Stamme der Bäume tritt diese Regelmäßigkeit der Form sehr deutlich vor Augen.

Wächst der Baum ungestört von äußeren Einflüssen auf, so ist die Achse des Stammes eine Gerade, die Querschnitte desselben sind nahezu kreisrund, (Ausnahme: Hornbaum) und der Längsschnitt stellt sich dar als eine Fläche, begrenzt von einer bestimmten Kurve (Stammkurve), deren Achse mit der Achse des Stammes zusammenfällt. Infolgedessen ist es möglich, den Baumstamm als einen Rotationskörper zu betrachten, erzeugt durch die Rotation eben dieser Fläche um die Stammachse. Würde man den Verlauf jener Begrenzungskurve kennen, so ergäbe sich der Inhalt des Stammes entweder nach der

Guldinſchen Regel*) für den Inhalt von Rotationskörpern als Produkt aus der erzeugenden Fläche multipliziert mit dem Wege des Schwerpunktes derſelben, oder in einfacherer Weiſe aus der allgemeinen Inhaltsformel für Rotationskörper:

$$v = \pi \int y^2 dx.$$

Ermitteln läßt ſich allerdings dieſe Erzeugungskurve im einzelnen Falle genau, indeſſen ſchließt ſie ſich doch ſo wenig an ebene, einfachen Geſetzen gehorchende Linien an, daß der Verſuch, ihren Verlauf über die ganze Stammlänge in einer Formel auszudrücken, auf unüberwindbare Schwierigkeiten ſtößt.

Die einzelnen Abſchnitte dieſer Stammkurve kommen jedoch, wie zahlreiche Unterſuchungen gezeigt haben, mehreren einfach und regelmäßig verlaufenden Kurven ziemlich nahe: der geraden Linie, der Apolloniſchen und der Neilſchen Parabel oder ähnlichen Kurven, deren gemeinſame Bedingungsgleichung der allgemeinen Formel

$$y^2 = px^r$$

entſpricht.

Den Verlauf jener Stammkurven bei den verſchiedenen Holzarten und Wuchsverhältniſſen im Einzelnen darzuſtellen, iſt Aufgabe der forſtlichen Ertragskunde, hier ſeien nur als Typen einige Längsſchnitte dargeſtellt.

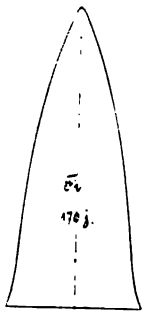


Fig. 1.

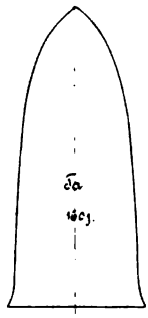


Fig. 2.

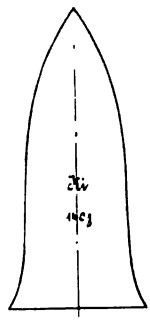


Fig. 3.

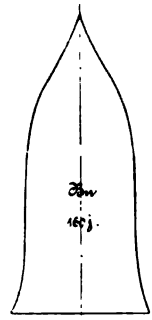


Fig. 4.

Die dargeſtellten Längsſchnitte zeigen, daß die Spitze des Schaftes häufig in einen geradſeitigen Kegel ausläuft, daß in der Stammmitte paraboloidiſche, ſtellenweiſe ſogar auch walzenförmige Ausformungen vorherrſchen, während der Fuß des Stammes zur neiloidiſchen Bildung hinneigt.

Begnügt man ſich alſo mit der Ähnlichkeit, welche die Schaftkurven oder ihre Teile mit ſolchen Linien, für welche die Kurvengleichung $y^2 = px^r$

*) Nach dem Jeſuiten P. Guldin 1577—1643 de centro gravitatis.

gilt, aufweisen, so ist die Möglichkeit einer stereometrischen Inhaltsermittelung der Baumstämme vorhanden und der Weg hierzu in zwei Richtungen gegeben. Entweder sucht man eine allgemeine Kubierungsformel, welche für alle in Frage kommenden Konoide gilt, für den Stamm in seiner ganzen Länge, oder man zerlegt ihn in mehrere Teile, welche bestimmten Rotationskörpern nahe oder gleichkommen, und wendet die für letztere giltigen speziellen Inhaltsformeln an, deren Summierung den Inhalt des ganzen Stammes ergiebt.

Die Elemente derartiger Formeln werden immer sein: die Länge und gewisse Radien oder Durchmesser der Konoide. Die praktische Anwendung solcher Formeln setzt dann die Ermittelung dieser Dimensionen an den Holzstämmen und Kenntnis im Gebrauch hierzu geeigneter Instrumente voraus.

Gewisse Teile des Baumes werden aber wegen ihrer Kleinheit (Nadeln, Blätter, dünne Zweige) oder wegen ihrer ganz unregelmäßigen Form (krumme, knorrige Äste) jederzeit aller Anstrengungen spotten, sie auf dem vorbeschriebenen Wege stereometrischer Rechnung zu kubieren. Für diese muß die Holzmeßkunde zu anderen, auf physikalischen Gesetzen beruhenden Ermittelungsverfahren, z. B. Beziehungen zwischen dem Volumen und dem absoluten oder spezifischen Gewichte, oder Anwendung hydrostatischer Vorgänge greifen, die in einem späteren Kapitel geschildert werden. Zunächst betrachten wir das stereometrische Kubierungsverfahren.

Erster Abschnitt.

Stereometrisches Verfahren bei regelmäßig geformten Stammstücken.

Erstes Kapitel.

Allgemeine stereometrische Formeln.

A. Für Vollkörper.

a) Grundgleichung, aus der Länge l und dem größten Durchmesser d_0.

Wenn wir von der Entwickelung einer ganz allgemeinen Kubierungsformel für Rotationskonoide absehen*) und uns auf die Voraussetzung beschränken,

*) Die Thatsache, daß gegenwärtig kaum an einer deutschen forstlichen Lehrstätte die Infinitesimalrechnung ein obligatorischer Lehrgegenstand ist, rechtfertigt, ja verlangt sogar eine möglichst elementare Darstellung für ein Lehrbuch, welches praktisch brauchbar sein will. Die Ableitung einer ganz allgemeinen Formel wolle man nachsehen z. B. bei v. Guttenberg in Loreys Handbuch der Forstwissenschaft. Bd. 2. S. 101 oder in Kunze, Holzmeßkunst, S. 71 und Th. f. J., 19. Bd., S. 250.

daß die Schaftkurve oder wenigſtens ihre Teile der Erzeugungskurve mit der Gleichung

$$y^2 = px^r$$

entſprechen, ſo ergiebt ſich das Volumen derartiger Rotationskörper in der Gleichung

$$v = \frac{1}{r+1} y^2 \pi x.$$

Auf elementarem*) Wege läßt ſich dieſe Formel wie folgt beweiſen:

Teilt man die Rotationsachſe x in n gleiche Teile von der Größe $\frac{x}{n}$, legt durch die Teilpunkte ſenkrecht zur Achſe Schnittebenen und bezeichnet die Radien der hierdurch entſtandenen Schnittkreiſe der Reihe nach von der Spitze beginnend mit $y_1, y_2, y_3 \cdots y_n$, ſo gilt auf Grund der Kurvengleichung $y^2 = px^r$

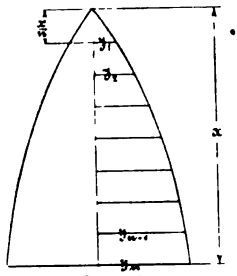


Fig. 5.

$$y_1^2 = p\left(\frac{1}{n}x\right)^r$$
$$y_2^2 = p\left(\frac{2}{n}x\right)^r$$
$$y_3^2 = p\left(\frac{3}{n}x\right)^r$$
$$\vdots \qquad \vdots$$
$$y_n^2 = p\left(\frac{n}{n}x\right)^r$$

und man kann die Proportionen bilden:

$$\frac{y_1^2}{y_n^2} = \frac{p\left(\frac{1}{n}x\right)^r}{p\left(\frac{n}{n}x\right)^r} = \frac{1^r}{n^r}$$
$$\frac{y_2^2}{y_n^2} = \frac{2^r}{n^r}$$
$$\vdots \qquad \vdots$$
$$\frac{y_n^2}{y_n^2} = \frac{n^r}{n^r}$$

Hieraus ergeben ſich die Werte für

$$y_1^2 = \left(\frac{1}{n}\right)^r y_n^2$$
$$y_2^2 = \left(\frac{2}{n}\right)^r y_n^2$$
$$\vdots \qquad \vdots$$
$$y_n^2 = \left(\frac{n}{n}\right)^r y_n^2.$$

*) Kürzer iſt der Beweis mit Hilfe der Differential- und Integralrechnung. Vergl. z. B. Langenbacher und Noſſeck, Lehr- und Handbuch der Holzmeßkunde. Leipzig 1889, S. 68.

Stellt man sich die verschiedenen y als Radien von Cylindern mit der Höhe $\frac{x}{n}$ vor, so ist der Inhalt z der letzteren

$$z_1 = y_1^2 \pi \frac{x}{n} = \left(\frac{1}{n}\right)^r y_n^2 \pi \frac{x}{n} = \frac{1^r}{n^{r+1}} y_n^2 \pi x$$

$$z_2 = y_2^2 \pi \frac{x}{n} = \left(\frac{2}{n}\right)^r y_n^2 \pi \frac{x}{n} = \frac{2^r}{n^{r+1}} y_n^2 \pi x$$

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

$$z_n = y_n^2 \pi \frac{x}{n} = \left(\frac{n}{n}\right)^r y_n^2 \pi \frac{x}{n} = \frac{n^r}{n^{r+1}} y_n^2 \pi x$$

und man erhält in der Summe dieser Cylinder einen Rauminhalt, welcher dem Inhalte des Rotationskonoids nahe kommt. Es ist also die Cylindersumme Σz

$$\Sigma z = \frac{1}{n^{r+1}} y_n^2 \pi x \left[1^r + 2^r + 3^r + \cdots + n^r\right]$$

Der Inhalt der Klammer $[1^r + 2^r + \cdots + n^r]$ stellt eine arithmetische Reihe der r^{ten} Ordnung dar, deren Summe

$$s_n = \frac{n^{r+1}}{r+1} + \frac{n^r}{f_1} + \frac{n^{r-1}}{f_2} + \cdots + \frac{n^2}{f_y} + \frac{n}{f_x}$$

ist*), worin die Zeichen $f_1\ f_2 \cdots f_y\ f_x$ Werte darstellen, die wir nicht näher zu bestimmen brauchen, weil sie sofort wieder aus der Rechnung verschwinden.

Setzen wir nämlich diese Summenformel in die Klammer und multiplizieren wir sie gleichzeitig mit dem davorstehenden $\frac{1}{n^{r+1}}$, so erhalten wir

$$\Sigma z = y_n^2 \pi x \left[\frac{n^{r+1}}{n^{r+1}(r+1)} + \frac{n^r}{n^{r+1} f_1} + \frac{n^{r-1}}{n^{r+1} f_2} + \cdots + \frac{n}{n^{r+1} f_x}\right]$$

$$\Sigma z = y_n^2 \pi x \left[\frac{1}{r+1} + \frac{1}{n f_1} + \frac{1}{n^2 f_2} + \cdots + \frac{1}{n^r f_x}\right]$$

Setzen wir jetzt $n = \infty$, also $\frac{x}{n} = 0$, so geht Σz in den Inhalt des Rotationskörpers über. Gleichzeitig wird aber auch unter derselben Voraussetzung

$$\frac{1}{n f_1} = \frac{1}{n^2 f_2} = \frac{1}{n^r f_x} \text{ nämlich } = 0$$

und wir erhalten als Inhalt des Rotationskörpers

$$v = \frac{1}{r+1} y_n^2 \pi x$$

*) Beweis z. B. bei Burg, Lehrbuch der höheren Mathematik. Wien 1832, S. 211.

Führt man für den Radius y_n den Durchmesser d_0 und für x das Zeichen l (Länge) ein,*) so lautet die Formel:

$$v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d_0^2 l \quad \ldots \ldots \text{Gl. (I).}$$

Das Zeichen r charakterisiert hierin die besondere Form des Körpers. Man kann ihm den Namen „Formexponent" beilegen und im konkreten Falle wie folgt berechnen.

Berechnung des Formexponenten.

Sind y_1 und y_2 die Halbmesser am oberen und unteren Ende eines Kegelstückes, dessen Erzeugungskurve bezw. Formexponenten wir berechnen wollen, in den Entfernungen x_1 und x_2 vom Anfangspunkt der Kurve, so gilt auf Grund der Bedingungsgleichung $y^2 = p x^r$:

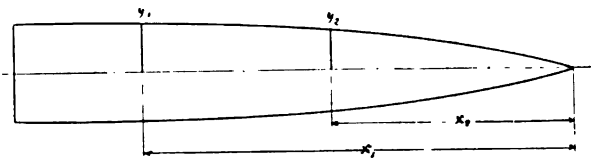


Fig. 6.

$$y_1^2 = p x_1^r$$

und

$$y_2^2 = p x_2^r$$

durch Division erhält man

$$\frac{y_1^2}{y_2^2} = \frac{x_1^r}{x_2^r} = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^r$$

hieraus ergiebt sich

$$r (\log x_1 - \log x_2) = 2 (\log y_1 - \log y_2)$$

Also

$$r = 2 \frac{\log y_1 - \log y_2}{\log x_1 - \log x_2}$$

---

*) In den nachfolgenden Ausführungen sollen, sofern im Einzelfalle nicht Zweckmäßigkeitsgründe dagegen sprechen, die Vereinbarungen des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten wegen übereinstimmender Formelschreibung im Gebiete der Holzmeßkunde (Tharander Jahrbuch 1898, S. 193) innegehalten werden. Nach diesen sollen angewendet werden bei der Inhaltsberechnung gefällter Hölzer:

l = die Länge
r = der Halbmesser, in gewissen Fällen (bei Mittenmessung) ϱ
d = der Durchmesser „ „ „ („ „) δ
g = die Querfläche „ „ „ („ „) γ
v = der Inhalt, Volumen in gewissen Fällen i
q = das absolute Gewicht
s = das spezifische Gewicht.

Treten mehrere Halb- oder Durchmesser oder Flächen auf, so sind diese durch untere Indizes zu unterscheiden und zwar ist die Zählung bei Endflächen von der untersten Endfläche aus mit Null, bei Mittenflächen von der untersten Mittenfläche aus mit Eins zu beginnen.

Beispiel: An einem Stamm seien gemessen die Durchmesser*)
24 cm und 29 cm in den Entfernungen
10 m und 15 m vom Gipfel.

$\log y_1 = \log 0{,}29 = 0{,}46240 - 1$ $\qquad$ $\log x_1 = \log 15 = 1{,}17609$

$\log y_2 = \log 0{,}24 = 0{,}38021 - 1$ $\qquad$ $\log x_2 = \log 10 = 1{,}00000$

Differenz $= 0{,}08219$ $\qquad$ Differenz $= 0{,}17609$

$$r = 2 \cdot \frac{0{,}08219}{0{,}17609} = 2 \cdot 0{,}466 = 0{,}932$$

Den typischen Konoiden: Walze, Apollonisches Paraboloid, gemeiner Kegel und Neiloid**) kommen die „Formexponenten" 0, 1, 2 und 3 der Reihe nach zu. Infolgedessen ergeben sich die Inhaltsformeln aus l und größtem Grundkreis:

Allgemeine Formel $v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d_0^2 l$

Walze | Paraboloid | Geradseitiger Kegel | Neiloid

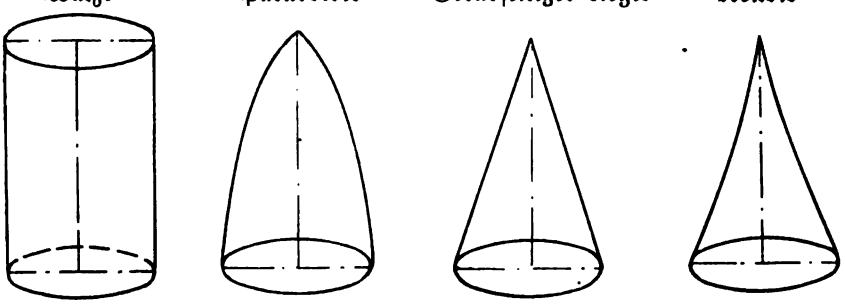


Fig. 7a. | Fig. 7b. | Fig. 7c. | Fig. 7d.

$r = 0$ | $r = 1$ | $r = 2$ | $r = 3$

$$v_W = \frac{\pi}{4} d_0^2 l \quad v_P = \frac{1}{2} \frac{\pi}{4} d_0^2 l \quad v_K = \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} d_0^2 l \quad v_N = \frac{1}{4} \frac{\pi}{4} d_0^2 l$$

oder wenn wir für $\frac{\pi}{4} d_0^2$ die dazu gehörige Fläche g_0 einsetzen:

$$v_W = g_0 l \quad v_P = \frac{1}{2} g_0 l \quad v_K = \frac{1}{3} g_0 l \quad v_N = \frac{1}{4} g_0 l.$$

b) Inhalt von Vollkörpern, ausgedrückt durch die Länge l und einen beliebigen Durchmesser d_a.

Denkt man sich im Abstande a von der Grundfläche mit dem Durchmesser d_0 einen anderen Durchmesser d_a gezogen, so gelten die beiden Gleichungen

*) Aus der Entwickelung geht hervor, daß es für die praktische Berechnung gleichgültig ist, ob man die Radien oder die Durchmesser benutzt.

**) Nach dem englischen Mathematiker William Neil (1637—1670) benannt.

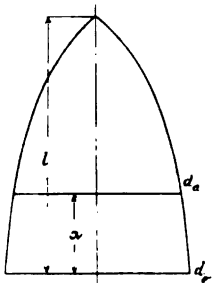


Fig. 8.

$$\left(\frac{d_0}{2}\right)^2 = p l^r$$

und

$$\left(\frac{d_a}{2}\right)^2 = p(l-a)^r$$

durch Division erhält man

$$\frac{d_0^2}{d_a^2} = \left(\frac{l}{l-a}\right)^r; \text{ somit } d_0^2 = d_a^2 \left(\frac{l}{l-a}\right)^r.$$

Setzt man diesen Wert für d_0^2 in die Gleichung (I) ein, so ergiebt sich

$$v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d_a^2 \left(\frac{l}{l-a}\right)^r l \quad \ldots \quad \text{Gl. (II).}$$

Wir wählen z. B. $a = \frac{l}{2}$, messen also $d_a = \delta$ in der Mitte der Höhe, dann erhalten wir

$$v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} \delta^2 \left(\frac{l}{l-\frac{l}{2}}\right)^r l = \frac{2^r}{r+1} \frac{\pi}{4} \delta^2 l \quad \ldots \quad \text{Gl. (II}^a\text{).}$$

Für die typischen Stammformen ergiebt sich hieraus:

Allgemein.	Walze.	Paraboloid.	Gem. Kegel.	Neiloid.
$v = \frac{2^r}{r+1} \frac{\pi}{4} \delta^2 l$	$v_W = \frac{1}{1} \frac{\pi}{4} \delta^2 l$	$v_P = \frac{2}{2} \frac{\pi}{4} \delta^2 l$	$v_K = \frac{4}{3} \frac{\pi}{4} \delta^2 l$	$v_N = \frac{8}{4} \frac{\pi}{4} \delta^2 l$
	$= \gamma l$	$= \gamma l$	$= \frac{4}{3} \gamma l$	$= 2\gamma l.$

Für $a = \frac{l}{3}$ erhält man analog

$$v = \frac{1}{r+1} \left(\frac{3}{2}\right)^r \frac{\pi}{4} d_{\frac{1}{3}}^2 l \quad v_W = g_{\frac{1}{3}} l \quad v_P = \frac{3}{4} g_{\frac{1}{3}} l \quad v_K = \frac{3}{4} g_{\frac{1}{3}} l \quad v_N = \frac{27}{32} g_{\frac{1}{3}} l$$

und für $a = \frac{l}{4}$

$$v = \frac{1}{r+1} \left(\frac{4}{3}\right)^r \frac{\pi}{4} d_{\frac{1}{4}}^2 l \quad v_W = g_{\frac{1}{4}} l \quad v_P = \frac{2}{3} g_{\frac{1}{4}} l \quad v_K = \frac{16}{27} g_{\frac{1}{4}} l \quad v_N = \frac{16}{27} g_{\frac{1}{4}} l.$$

Bei Anwendung dieser einfachen Verhältnisse zwischen a und l haben sich zufällig Inhaltsformeln ergeben, welche für je zwei der genannten Körper gleich lauten. Es läßt sich aber auch von vorn herein derjenige Wert für a ermitteln, welchen man anwenden muß, um für zwei bestimmte Körper die gleiche Formel zu bekommen. Wünschte man beispielsweise eine Formel, welche für Paraboloid und Neiloid denselben Ausdruck aufweist, so hätte man nur zu setzen

$$v_P = v_N$$

$$\frac{1}{2}\frac{\pi}{4} d_a^2 \left(\frac{l}{l-a}\right)^1 l = \frac{1}{4}\frac{\pi}{4} d_a^2 \left(\frac{l}{l-a}\right)^3 l$$

$$\frac{4}{2} = \left(\frac{l}{l-a}\right)^2; \quad \sqrt{2} = \frac{l}{l-a}; \quad a = l - \frac{l}{\sqrt{2}} = l\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) = 0{,}2929\, l$$

Setzt man dies in die entsprechenden Inhaltsformeln ein, so erhält man für

das Paraboloid

$$v_P = \frac{1}{2}\frac{\pi}{4} d_a^2 \frac{l}{l - l\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)} l$$

$$= \frac{1}{2}\frac{\pi}{4} d_a^2 \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2}}} l$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}}\frac{\pi}{4} d_a^2 l$$

das Neiloid

$$v_N = \frac{1}{4}\frac{\pi}{4} d_a^2 \left[\frac{l}{l - l\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)}\right]^3 l$$

$$= \frac{1}{4}\frac{\pi}{4} d_a^2 \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2}}}\right)^3 l$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}}\frac{\pi}{4} d_a^2 l$$

Also in beiden Fällen dieselbe Formel.

Es läßt sich jedoch, solange man nur einen Durchmesser verwendet, keine Formel aufstellen, welche für 3 verschiedene Kegel gleich lautet.

c) Inhalt von Vollkörpern ausgedrückt durch die Länge l und mehrere Durchmesser.

Wünschte man aus besonderer Ursache den Inhalt eines Kegels mit Hilfe mehrerer Durchmesser anzugeben, so lassen sich natürlicherweise auch hierfür Formeln aufstellen.

Es wäre z. B., wenn man zwei Durchmesser, den unteren und einen beliebigen, einführte,

$$v = \frac{1}{2}\left[\frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4} d_0^2 l + \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4} d_a^2 \left(\frac{l}{l-a}\right)^r l\right]$$

Ginge man dann zum Spezialfalle, indem man für a und r bestimmte Werte einführt, so läßt sich die Formel weiter verändern und vereinfachen. Für unsere Zwecke aber soll dies Beginnen als überflüssig unterbleiben, zumal ähnliche Formeln für den Kegelstumpf weiter unten aufgestellt werden müssen, die dann auch für den Vollkegel angewendet werden dürfen.

B. Allgemeine Formeln für Kegelstümpfe.

a) Aus der Länge l, dem größten und kleinsten Durchmesser.

In der umstehenden Fig. 9 sei ein beliebiger Kegelstumpf mit dem unteren Durchmesser d_0, dem oberen Durchmesser d_n und der Höhe l dargestellt, dessen Erzeugungskurve der Gleichung $y^2 = px^r$ entspricht. Denkt man sich den

Stumpf durch Hinzufügung eines kleinen Kegels mit der Höhe l_2 zu einem Vollkörper von der Höhe l_1 ergänzt, so gilt auf Grund der Kurvengleichung:

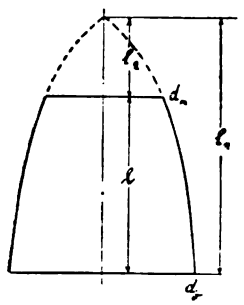


Fig. 9.

$$\left(\frac{d_0}{2}\right)^2 = p\,l_1^{\,r} \quad \text{und} \quad \left(\frac{d_n}{2}\right)^2 = p\,l_2^{\,r}$$

durch Division ergiebt sich

$$\frac{d_0^{\,2}}{d_n^{\,2}} = \frac{l_1^{\,r}}{l_2^{\,r}} \quad \text{oder} \quad \frac{d_0^{\,\frac{2}{r}}}{d_n^{\,\frac{2}{r}}} = \frac{l_1}{l_2}$$

oder auch weiter

$$\frac{d_0^{\,\frac{2}{r}} - d_n^{\,\frac{2}{r}}}{d_n^{\,\frac{2}{r}}} = \frac{l_1 - l_2}{l_2} = \frac{l}{l_2};$$

Hieraus resultiert

$$l_2 = \frac{l\,d_n^{\,\frac{2}{r}}}{d_0^{\,\frac{2}{r}} - d_n^{\,\frac{2}{r}}} \quad \text{und fernerhin, da } l_1 = l_2 + l \text{ ist, ebenso}$$

$$l_1 = l\left(1 + \frac{d_n^{\,\frac{2}{r}}}{d_0^{\,\frac{2}{r}} - d_n^{\,\frac{2}{r}}}\right) = \frac{l\,d_0^{\,\frac{2}{r}}}{d_0^{\,\frac{2}{r}} - d_n^{\,\frac{2}{r}}}$$

Der Inhalt des Stumpfes ist gleich dem Inhalte des Vollkegels mit der Höhe l_1, vermindert um den Ergänzungskegel mit der Höhe l_2, also

$$v_{St} = \frac{1}{r+1}\,\frac{\pi}{4}\,d_0^{\,2}\,l_1 - \frac{1}{r+1}\,\frac{\pi}{4}\,d_n^{\,2}\,l_2$$

Setzen wir hierin die eben berechneten Werte für l_1 und l_2 ein, so ergiebt sich nach einigen leichten Umformungen

$$v_{St} = \frac{1}{r+1}\,\frac{\pi}{4}\,l\left(\frac{d_0^{\,2}\,d_0^{\,\frac{2}{r}} - d_n^{\,2}\,d_n^{\,\frac{2}{r}}}{d_0^{\,\frac{2}{r}} - d_n^{\,\frac{2}{r}}}\right) \quad \ldots\ldots \quad \text{(Gl. III).}$$

oder auch, wenn wir für $\frac{\pi}{4}\,d_0^{\,2}$ das Zeichen g_0 und für $\frac{\pi}{4}\,d_n^{\,2}$ das Zeichen g_n einführen

$$v_{St} = \frac{1}{r+1}\,l\left(\frac{g_0\sqrt[r]{g_0} - g_n\sqrt[r]{g_n}}{\sqrt[r]{g_0} - \sqrt[r]{g_n}}\right)$$

Für die typischen drei Kegelformen ergiebt sich hieraus bei Einsetzung der Werte 1, 2 und 3 für r

Paraboloidstumpf

$$v_{P\,St} = \frac{1}{2}\,\frac{\pi}{4}\,l\,\frac{d_0^2 d_0^2 - d_n^2 d_n^2}{d_0^2 - d_n^2}$$

$$= \frac{1}{2}\,\frac{\pi}{4}\,l\,(d_0^2 + d_n^2)$$

$$= \frac{1}{2}\,l\,(g_0 + g_n)$$

Geradseitiger Kegelstumpf

$$v_{K\,St} = \frac{1}{3}\,\frac{\pi}{4}\,l\,\frac{d_0^3 - d_n^3}{d_0 - d_n}$$

$$= \frac{1}{3}\,\frac{\pi}{4}\,l\,(d_0^2 + d_0 d_n + d_n^2)$$

$$= \frac{1}{3}\,l\,\left(g_0 + \sqrt{g_0 g_n} + g_n\right)$$

Neiloidstumpf

$$v_{N\,St} = \frac{1}{4}\,\frac{\pi}{4}\,l\,\frac{d_0^{\frac{5}{3}} - d_n^{\frac{5}{3}}}{d_0^{\frac{2}{3}} - d_n^{\frac{2}{3}}}$$

$$= \frac{1}{4}\,\frac{\pi}{4}\,l\,\frac{\left(d_0^{\frac{4}{3}} + d_n^{\frac{4}{3}}\right)\left(d_0^{\frac{2}{3}} + d_n^{\frac{2}{3}}\right)\left(d_0^{\frac{2}{3}} - d_n^{\frac{2}{3}}\right)}{d_0^{\frac{2}{3}} - d_n^{\frac{2}{3}}}$$

$$= \frac{1}{4}\,\frac{\pi}{4}\,l\,\left(d_0^2 + d_0^{\frac{2}{3}} d_n^{\frac{4}{3}} + d_0^{\frac{4}{3}} d_n^{\frac{2}{3}} + d_n^2\right)$$

$$= \frac{1}{4}\,\frac{\pi}{4}\,l\,\left[d_0^2 + d_0^{\frac{2}{3}} d_n^{\frac{2}{3}}\left(d_0^{\frac{2}{3}} + d_n^{\frac{2}{3}}\right) + d_n^2\right]$$

$$= \frac{1}{4}\,\frac{\pi}{4}\,l\,\left[d_0^2 + \sqrt[3]{d_0^2 d_n^2}\left(\sqrt[3]{d_0^2} + \sqrt[3]{d_n^2}\right) + d_n^2\right]$$

$$= \frac{1}{4}\,l\,\left[g_0 + \sqrt[3]{g_0 g_n}\left(\sqrt[3]{g_0} + \sqrt[3]{g_n}\right) + g_n\right]$$

b) Aus l und einem beliebigen Durchmesser d_a.

Wir behalten die in Fig. 9 angewendeten Bezeichnungen bei und denken uns in Fig. 10 einen Durchmesser d_a in dem beliebigen Abstand a von der Grundfläche g_0 gezogen. Alsdann gilt auf Grund der Kurvengleichung:

$$\left(\frac{d_0}{2}\right)^2 = p\,(l_2 + l)^r$$

ebenso auch

$$\left(\frac{d_a}{2}\right)^2 = p\,(l_2 + l - a)^r$$

und

$$\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 = p\,l_2^r$$

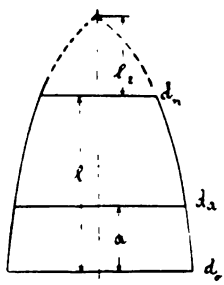


Fig. 10.

Durch Division der zweiten bezw. dritten Gleichung durch die erste ergiebt sich

$$\left(\frac{d_a}{d_0}\right)^2 = \left(\frac{l_2 + l - a}{l_2 + l}\right)^r$$

und ebenso

$$\left(\frac{d_n}{d_0}\right)^2 = \left(\frac{l_2}{l_2 + l}\right)^r$$

Aus Letzterer erhalten wir einen Wert für l_2, nämlich, wie oben schon, zunächst

$$\left(\frac{d_n}{d_0}\right)^{\frac{2}{r}} = \frac{l_2}{l_2 + l}$$

und sodann

$$l_2 = \frac{d_n^{\frac{2}{r}} l}{d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}}$$

Setzen wir dies in die vorhergehende Gleichung ein, so kommt

$$\left(\frac{d_a}{d_0}\right)^2 = \left[\frac{\frac{d_n^{\frac{2}{r}} l}{d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}} + l - a}{\frac{d_n^{\frac{2}{r}} l}{d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}} + l}\right]^r$$

$$= \left[\frac{d_n^{\frac{2}{r}} l + d_0^{\frac{2}{r}} l - d_n^{\frac{2}{r}} l - a\left(d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}\right)}{d_n^{\frac{2}{r}} l + d_0^{\frac{2}{r}} l - d_n^{\frac{2}{r}} l}\right]^r$$

$$\left(\frac{d_a}{d_0}\right)^{\frac{2}{r}} = 1 - a\,\frac{d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}}{l\, d_0^{\frac{2}{r}}};$$

daraus schließlich

$$d_a^{\frac{2}{r}} = d_0^{\frac{2}{r}} - a\,\frac{d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}}{l}$$

Aus der Form dieses Wertes für d_a erkennt man leicht, daß sich in Formel III d_0 und d_n nicht allgemein durch d_a ersetzen lassen, daß es also eine allgemeine Inhaltsformel für Stümpfe unter Benutzung nur eines

Durchmessers nicht geben kann. Nur wenn man spezialisiert, einen bestimmten Wert für a einsetzt, ergiebt sich ein bequemerer Wert für d_a, der sich wiederum nur in einem weiteren Spezialfall in jene allgemeine Formel einsetzen läßt. Würden wir nämlich beispielsweise $a = \frac{l}{2}$ wählen, so geht d_a in δ über und es ergiebt sich

$$\delta^{\frac{2}{r}} = d_0^{\frac{2}{r}} - \frac{1}{2}\left(d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}\right)$$

oder

$$\delta^2 = \left(\frac{d_0^{\frac{2}{r}} + d_n^{\frac{2}{r}}}{2}\right)^r$$

Auch dieser vereinfachte Wert für δ^2 läßt sich in Gl. III nur unter der Bedingung ohne Rest substituieren, wenn $r = 1$ gesetzt, also ein Paraboloidstumpf zu Grunde gelegt wird.

Es war

$$v_{P\,St} = \frac{1}{2}\frac{\pi}{4} l (d_0^2 + d_n^2);$$

In diesem Körper aber ist

$$\delta^2 = \left(\frac{d_0^2 + d_n^2}{2}\right)$$

also auch

$$v_{P\,St} = \frac{\pi}{4} l \delta^2 = \gamma l$$

Für den geradseitigen Kegel- und den Neiloidstumpf kann man den Inhalt nicht allein durch δ und l ausdrücken.

c) Aus l und mehreren Durchmessern, Newtonsche Formel.

Behalten wir die Zeichen d_0, d_n, δ und l in der bisherigen Bedeutung bei, so ist der Inhalt eines abgestumpften Paraboloids, Kegels und Neiloids

$$v_{St\,\frac{P}{K}\,N} = \frac{\pi}{4}\frac{l}{6}(d_0^2 + d_n^2 + 4\delta^2)$$

Beweis: Es war der Paraboloidstumpf

$$v_{P\,St} = \frac{1}{2}\frac{\pi}{4} l (d_0^2 + d_n^2);$$

dies können wir auch schreiben

$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(3 d_0^2 + 3 d_n^2)$$

$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(d_0^2 + d_n^2 + 2(d_0^2 + d_n^2))$$

Nun ist aber im Paraboloidstumpf, wie eben gezeigt, $2\delta^2 = d_0^2 + d_n^2$, also

$$v_{P\,St} = \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(d_0^2 + d_n^2 + 4\delta^2)$$

Der Inhalt des gemeinen Kegelstumpfes ist

$$v_{K\,St} = \frac{1}{3}\frac{\pi}{4} l (d_0^2 + d_0 d_n + d_n^2);$$

wir schreiben dies

$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(2 d_0^2 + 2 d_0 d_n + 2 d_n^2)$$

$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(d_0^2 + 2 d_0 d_n + d_n^2 + d_0^2 + d_n^2)$$

$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}((d_0 + d_n)^2 + d_0^2 + d_n^2)$$

Im geradseitigen Kegel ist aber $(d_0 + d_n)^2 = 4\delta^2$; also

$$v_{K\,St} = \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(d_0^2 + d_n^2 + 4\delta^2)$$

Für den Neiloidstumpf gilt

$$v_{N\,St} = \frac{1}{4}\frac{\pi}{4} l \left(d_0^2 + \sqrt[3]{d_0^4 d_n^2} + \sqrt[3]{d_0^2 d_n^4} + d_n^2\right);$$

wir schreiben

$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}\left(\frac{3}{2} d_0^2 + \frac{3}{2}\sqrt[3]{d_0^4 d_n^2} + \frac{3}{2}\sqrt[3]{d_0^2 d_n^4} + \frac{3}{2} d_n^2\right)$$

oder

$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}\left(d_0^2 + d_n^2 + \frac{1}{2}\left(d_0^2 + 3\sqrt[3]{d_0^4 d_n^2} + 3\sqrt[3]{d_0^2 d_n^4} + d_n^2\right)\right)$$

Im Neiloid ist aber

$$8\delta^2 = \left(d_0^{\frac{2}{3}} + d_n^{\frac{2}{3}}\right)^3 = d_0^2 + 3\sqrt[3]{d_0^4 d_n^2} + 3\sqrt[3]{d_0^2 d_n^4} + d_n^2$$

also

$$v_{N\,St} = \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(d_0^2 + d_n^2 + 4\delta^2)$$

oder indem wir die entsprechenden Flächen einführen:

$$v_{St} = \frac{l}{6}(g_0 + 4\gamma + g_n)$$

Also für alle drei Kegelstümpfe eine gemeinsame Formel. Setzen wir hierin $g_n = 0$, d. h. lassen wir den Stumpf in einen Vollkegel übergehen, so ergiebt sich die Formel

$$v = \frac{l}{6}(g_0 + 4\gamma)$$

Selbstverständlich lassen sich auch noch andere Formeln aufstellen, welche den Inhalt unserer Konoide unter Benutzung anderer Durchmesser angeben. Da diesen jedoch eine allgemeine Bedeutung nicht zukommt, so wird hier darauf Verzicht geleistet und auf die für speziell forstliche Zwecke bestimmten derartigen Formeln im folgenden Abschnitt verwiesen.

Zweites Kapitel.

Die für forstliche Zwecke vorgeschlagenen Formeln.

Von den im vorhergehenden Abschnitt entwickelten allgemein stereometrischen Formeln eignen sich nur wenige zur unmittelbaren Anwendung in der forstlichen Praxis, am besten noch $v = \gamma l$ und $v = \frac{l}{6}(g_0 + 4\gamma + g_n)$ Die meisten entsprechen nicht den für eine praktische Anwendung zu stellenden Bedingungen:

a) Einfachheit in der Ermittelung ihrer Elemente.
b) Bequemlichkeit der Berechnung.
c) Gültigkeit für mehrere Körperformen zugleich.
d) Gültigkeit gleichzeitig für ganze und für abgestumpfte Kegel.

Infolgedessen sind für speziell xylometrische Zwecke noch eine Reihe anderer Formeln und Berechnungsarten vorgeschlagen, z. T. auch angewendet worden, mit denen wir uns im Nachfolgenden unter Beibehaltung der bisher gebrauchten Bezeichnungen beschäftigen wollen.

1. Smalians Formel (Formel der geglichenen Flächen).

$$v = \frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0^2 + d_n^2}{2}\right)$$

$$= l \left(\frac{g_0 + g_n}{2}\right)$$

Smalian (Kgl. Preuß. Oberforstmeister) empfahl diese Formel zuerst in Hartigs Journal für Forst-, Jagd- und Fischereiwesen, Jahrgang 1806, Heft 3.

Aus den vorhergehenden allgemeinen Betrachtungen wissen wir, daß diese Formel gültig ist für die Walze, den paraboloischen Stumpf und damit auch für das Vollparaboloid.

Beim Kegelstumpfe giebt diese Formel den Inhalt stets zu groß an und zwar um $\frac{1}{6}$ einer Walze, welche die Länge des Kegelstumpfes zur Höhe und die Differenz des unteren und oberen Durchmessers desselben als Durchmesser hat.

Beweis: Nennen wir den Fehler Δ, so ist

$$\Delta = v_{Sm} - v_K$$
$$= \frac{l}{2}\frac{\pi}{4}(d_0^2 + d_n^2) - \frac{l}{3}\frac{\pi}{4}(d_0^2 + d_0 d_n + d_n^2)$$
$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(3d_0^2 + 3d_n^2 - 2d_0^2 - 2d_0 d_n - 2d_n^2)$$
$$= \frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(d_0 - d_n)^2$$

Beim Neiloidstumpf ist der Fehler noch größer, etwa $\frac{1}{4}$ jener Walze, der Beweis ist analog zu führen, aber wohl überflüssig. Die praktische Anwendung hat trotzdem, was Genauigkeit anlangt, keine ungünstigen Resultate gegeben. Namentlich kubiert die Formel kurze Stammstücke sehr gut, offenbar weil diese sich der Paraboloidform und Walzenform am meisten nähern.

Spezielle Untersuchungen haben folgende Ergebnisse geliefert:

Autor	Holzart und Stammzahl	Fehlergrenze in Prozenten +	Fehlergrenze in Prozenten −	Fehler Durchschnitt	Publiziert	Bemerkungen
Holl	Fi 85	9,8	15,7	−2,54	Ö. V. 90. 291	d_0 bei 1 m oberhalb des unteren Abschnitts
Midloch	Fi 242	—	—	+6,32	Böhm. F. V. 86/87, Heft 5, Seite 3	d_0 am untern Abschnitt
Zenker	Ta 235	—	—	+2,35	Böhm. F. V. 85/86, Heft 2, Seite 54	

Gegen eine allgemeine Anwendung spricht aber der Übelstand, daß der untere Durchmesser wegen des Wurzelanlaufs in der Regel, der obere wegen Astwulsten sehr oft nur ungenau ermittelt werden kann.

2. Hoßfeldsche Formel.

Bezeichnet man den Durchmesser des Stumpfes bei $\frac{1}{3}l$ (vom starken Ende aus gerechnet) mit $d_{\frac{1}{3}}$, den am schwachen Ende mit d_n, und die entsprechenden Kreisflächen mit $g_{\frac{1}{3}}$ und g_n, so ist

$$v = \frac{l}{4}\frac{\pi}{4}\left(3\, d_{\frac{1}{3}}^2 + d_n^2\right)$$
$$= \frac{l}{4}\left(3\, g_{\frac{1}{3}} + g_n\right)$$

oder wenn wir den Stumpf in einen Vollkörper übergehen lassen, d. h. $d_n = 0$ setzen,

$$v = \frac{3}{4}\, l\, \frac{\pi}{4}\, d_{\frac{1}{3}}^2$$

$$= \frac{3}{4}\, g_{\frac{1}{3}}\, l$$

Die Formel wurde zuerst von Hoßfeld in „Niedere und höhere praktische Stereometrie", Leipzig 1812, S. 123, sowie in der „Diana", 4. Bd. 1816, S. 257 veröffentlicht und später mehrfach, von Riecke (Über die Berechnung des körperlichen Inhalts unbeschlagener Baumstämme. Stuttg. 1849. S. 74), von Baur (Holzmeßkunde. 4. Aufl. S. 75), von Buchmayer (Monatsschr. f. F. u. J. W. 1878. S. 113), empfohlen.

Beweis: Die Richtigkeit für den vollen gemeinen und paraboloischen Kegel wurde bereits S. 16 gezeigt. Für die Stümpfe läßt sie sich wie folgt beweisen.

a) Gerad'eitiger Kegelstumpf.

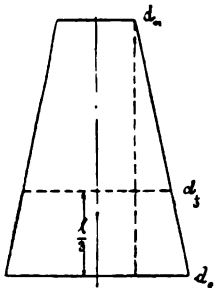


Fig. 11.

Es gilt

$$\frac{d_{\frac{1}{3}} - d_n}{d_0 - d_n} = \frac{l - \frac{1}{3}\, l}{l} = \frac{2}{3};$$

daraus

$$d_0 = \frac{3}{2}\, d_{\frac{1}{3}} - \frac{1}{2}\, d_n.$$

Setzen wir diesen Wert in die Formel

$$v_{KSt} = \frac{1}{3}\, \frac{\pi}{4}\, l\, (d_0^2 + d_0 d_n + d_n^2)$$

ein, so kommt

$$v_{KSt} = \frac{1}{3}\, \frac{\pi}{4}\, l \left(\frac{9}{4}\, d_{\frac{1}{3}}^2 - \frac{6}{4}\, d_{\frac{1}{3}}\, d_n + \frac{d_n^2}{4} + \frac{3}{2}\, d_{\frac{1}{3}}\, d_n - \frac{1}{2}\, d_n^2 + d_n^2\right)$$

$$= \frac{1}{3}\, \frac{\pi}{4}\, l \left(\frac{9}{4}\, d_{\frac{1}{3}}^2 + \frac{3}{4}\, d_n^2\right)$$

$$= \frac{1}{4}\, \frac{\pi}{4}\, l \left(3\, d_{\frac{1}{3}}^2 + d_n^2\right) = \frac{l}{4}\, (3\, g_{\frac{1}{3}} + g_n)$$

b) Paraboloischer Stumpf.

Hier gilt nach der Gleichung $y^2 = px^1$ und mit Beziehung auf umstehende Figur 12

$$\frac{d_n^2}{d_{\frac{1}{3}}^2} = \frac{l_2}{l_2 + \frac{2}{3}\, l}; \quad \text{daraus} \quad \frac{d_n^2}{d_{\frac{1}{3}}^2 - d_n^2} = \frac{l_2}{\frac{2}{3}\, l}$$

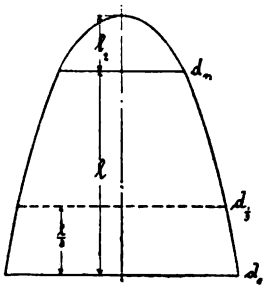


Fig. 12.

und ebenso

$$\frac{d_n^2}{d_0^2} = \frac{l_2}{l_2 + l}; \text{ daraus } \frac{d_n^2}{d_0^2 - d_n^2} = \frac{l_2}{l}$$

Durch Division beider Gleichungen erhält man:

$$\frac{d_0^2 - d_n^2}{d_{\frac{1}{3}}^2 - d_n^2} = \frac{3}{2}$$

oder

$$d_0^2 = \frac{1}{2}\left(3\, d_{\frac{1}{3}}^2 - d_n^2\right)$$

Setzt man dies in die Inhaltsformel für den paraboloischen Stumpf ein, so erhält man

$$v_{PSt} = \frac{1}{2}\frac{\pi}{4} l \left(d_0^2 + d_n^2\right)$$

$$= \frac{1}{4}\frac{\pi}{4} l \left(3\, d_{\frac{1}{3}}^2 + d_n^2\right)$$

$$= \frac{l}{4}\left(3\, g_{\frac{1}{3}} + g_n\right)$$

c) Neiloidischer Stumpf.

Für den Neiloidstumpf erhält man auf demselben Wege

$$v_{NSt} = \frac{1}{4}\frac{\pi}{4} l \left(3\, d_{\frac{1}{3}}^2 + d_n^2\right) + \frac{3}{4}\frac{\pi}{4} l \left|\frac{d_{\frac{1}{3}}^{\frac{2}{3}} - d_n^{\frac{2}{3}}}{2}\right|^3$$

Die Hoßfeldsche Formel giebt also den Neiloidstumpf um ein Geringes zu klein an, aber doch noch genauer als die in der Praxis ganz allgemein angewendete Mittenflächenformel γl.

Allgemein ausgedrückt ergiebt sich für die Vollkörper folgender Fehler, bezogen auf $\frac{3}{4} g_{\frac{1}{3}} l$

$$\Delta = \frac{3}{4} g_{\frac{1}{3}} l - \frac{1}{r+1}\left(\frac{3}{2}\right)^r g_{\frac{1}{3}} l$$

$$= g_{\frac{1}{3}} l \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{r+1}\left(\frac{3}{2}\right)^r\right)$$

Setzt man hierin der Reihe nach die verschiedenen Werte für r ein, so erhält man folgendes Fehlertäfelchen

$$\left.\begin{array}{llll}
r = 0{,}5 & ; \Delta = -\ 0{,}067\ g_{\frac{1}{3}}\ l & \text{oder} = -\ 8{,}9\,\% & \text{von} \\
r = 0{,}66\cdots & ; \Delta = -\ 0{,}036\ g_{\frac{1}{3}}\ l & \text{„} = -\ 4{,}8\,\% & \text{„} \\
r = 1{,}00 & ; \Delta = \mp\ 0{,}0 & \text{„} = \mp\ 0 & \\
r = 1{,}5 & ; \Delta = +\ 0{,}015\ g_{\frac{1}{3}}\ l & \text{„} = +\ 2{,}0\,\% & \text{„} \\
r = 2{,}0 & ; \Delta = \pm\ 0{,}0 & \text{„} = \pm\ 0 & \\
r = 2{,}5 & ; \Delta = -\ 0{,}031\ g_{\frac{1}{3}}\ l & \text{„} = -\ 4{,}1\,\% & \text{„} \\
r = 3{,}0 & ; \Delta = -\ 0{,}094\ g_{\frac{1}{3}}\ l & \text{„} = -\ 12{,}5\,\% & \text{„}
\end{array}\right\} \frac{1}{3} g_{\frac{1}{3}}\ l$$

Für die Kegelstümpfe läßt sich der Fehler nicht ebenso allgemein darstellen, weil in der allgemeinen Inhaltsgleichung für diese

$$v_{St} = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4}\ l \left| \frac{d_0^{\frac{2}{r}} d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}} d_n^{\frac{2}{r}}}{d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}} \right|$$

das d_0 immer nur für ein bestimmtes Verhältnis zwischen d_0 und d_n, mit anderen Worten: für eine bestimmte Ablängung der Stämme, allgemein durch $d_{\frac{1}{3}}$ sich ersetzen und dadurch ein mit der Hoßfeldschen Formel vergleichbarer Ausdruck sich herstellen läßt. Es geht nämlich, wenn wir d_a bei $\frac{1}{3}$ der Stumpflänge l messen, (S. Fig. 9 u. 12) die Relation

$$d_0^{\frac{2}{r}} = d_a^{\frac{2}{r}} \left(\frac{l_1}{l_1 - a}\right)^r$$

über in

$$d_0^{\frac{2}{r}} = d_{\frac{1}{3}}^{\frac{2}{r}} \left|\frac{l_1}{l_1 - \frac{l}{3}}\right|^r$$

und man bekommt je nach dem Verhältnis zwischen l_1 und l bei demselben r verschieden große Fehlerprozente.

Man kann aber nach den beim Vollkörper erhaltenen geringen Fehlern a priori erwarten, daß die Hoßfeldsche Formel auch für Stümpfe gut arbeiten wird.

Sie ist 1.) frei von dem Einflusse des Wurzelanlaufs, 2.) der Meßpunkt für $d_{\frac{1}{3}}$ fällt in die regelmäßigste Zone des Stammes, 3.) sie konkurriert bei ganzen Stämmen in Bezug auf Einfachheit mit γl, 4.) es lassen sich einfache Tafeln als Rechnungshilfsmittel verwenden. Eine solche hat z. B. Prof. Buchmayer in der M. f. F. u. J. 1887. S. 107 veröffentlicht. Für die Kubierung von Stammstücken ist sie aber wegen der Verwendung zweier Durchmesser zu unbequem und daher in der Praxis, trotz ihrer theoretischen Richtigkeit und vielfachen Empfehlungen durch Riecke, Baur u. a., soweit wenigstens aus der Litteratur ersichtlich, nicht zur Anwendung gelangt.

Unterſuchungen über die praktiſch erzielte Genauigkeit finden ſich

Von	Stammzahl	Fehler			Publiziert
		Maxima		Durchſchnitt	
Riecke	48	+ 1,4 %	— 6,4 %	— 0,73 %	Üb. d. B. d. k. Inhalts S. 74
Preßler	80	+ 11,0 %	— 15,8 %	— 2,33 %	Th. f. J. Bd. 12, S. 192
Holl	85	+ 3,8 %	— 7,5 %	— 2,02 %	Ö. V. 1890. 349.

3. Mittenflächenformel (Hubers Formel).

$$v = \frac{\pi}{4}\delta^2 l = \gamma l$$

Die Formel iſt nach Schwappach zuerſt 1781 in Krünitz, Ökonomiſche Encyklopädie erwähnt und 1787 zur Konſtruktion von Kubiktabellen benutzt worden. Auch König*) wendet die Formel ſchon 1813 bei ſeiner ſektionsweiſen Inhaltsermittelung an, ohne ſich jedoch damals ihrer Bedeutung recht bewußt zu werden. Sie iſt weiter in der preußiſchen Inſtruktion für Revierförſter vom Jahre 1817 angeordnet, allgemeiner aber erſt ſeit den Empfehlungen des bayriſchen Salineninſpektors Huber in der Zeitſchrift für Forſt- und Jagdweſen in Bayern 1825, Bd. 3, Heft 1, ſowie durch deſſen „Hilfstabellen für Bedienſtete des Forſt- und Baufachs ꝛc., München 1828" zur Anwendung gelangt. So in Bayern 1822, in Württemberg 1839, ꝛc.

Die Formel gilt, wie wir oben geſehen haben, genau für das Paraboloid und deſſen Stumpf, ſowie ſelbſtverſtändlich auch für die Walze.

Auf andere Körperformen angewendet ergiebt ſich allgemein ausgedrückt folgender Fehler.

Wir hatten oben (S. 16) als allgemeine Formel der Vollkörper für die Mittenfläche gefunden

$$v = \frac{2^r}{r+1}\gamma l$$

Somit iſt der Fehler Δ der Formel γl, bezogen auf dieſen Betrag γl

$$\Delta = \gamma l - \frac{2^r}{r+1}\gamma l = \gamma l\left(1 - \frac{2^r}{r+1}\right)$$

Alſo beiſpielsweiſe für das kubiſche Paraboloid, deſſen $r = \frac{2}{3}$ iſt,

$$\Delta = \gamma l\left[1 - \frac{2^{\frac{2}{3}}}{\frac{2}{3}+1}\right] = \gamma l\left[1 - \frac{3\cdot 2^{\frac{2}{3}}}{5}\right]$$

Logarithmiſch berechnet erhält man zunächſt für den Quotienten

$$\begin{aligned} \log 3 &= 0{,}47712 \\ \tfrac{2}{3}\log 2 &= 0{,}20069 \\ \text{Summe} &= 0{,}67781 \\ \log 5 &= 0{,}69897 \\ \log q &= 0{,}97884 - 1\,; \quad q = 0{,}952\,; \end{aligned}$$

*) Anleitung zur Holztaxation, S. 21 bezw. 24.

alſo

$$\Delta = \gamma l\,(1 - 0{,}952) = +\,0{,}048\,\gamma l$$

In Worten: Den Inhalt eines kubiſchen Paraboloids berechnet man durch die Formel γl mit einem poſitiven Fehler von 0,048, d. h. von dem gefundenen Werte iſt noch 0,048 abzuziehen, um den richtigen Inhalt zu finden.

Analog berechnet ergiebt ſich dann für die verſchiedenen Körperformen folgendes kleines Fehlertäfelchen bei Vollkörpern

$r = 0{,}5$	$\Delta = +\,0{,}057$	γl
$r = 0{,}6$	$\Delta = +\,0{,}055$	
$r = 0{,}66\ldots$	$\Delta = +\,0{,}048$	
$r = 0{,}75$	$\Delta = +\,0{,}039$	
$r = 0{,}9$	$\Delta = +\,0{,}018$	
$r = 1{,}0$	$\Delta = \pm\,0{,}000$	
$r = 1{,}33\ldots$	$\Delta = -\,0{,}080$	
$r = 1{,}5$	$\Delta = -\,0{,}131$	
$r = 2{,}0$	$\Delta = -\,0{,}333\ldots$	
$r = 3{,}0$	$\Delta = -\,1{,}000$	

Für Stümpfe läßt ſich eine ähnliche Ableitung des Fehlers mangels einer allgemeinen Inhaltsformel für die Mittenfläche nicht geben. Doch läßt ſich die Größe desſelben gegenüber den beiden anderen typiſchen Kegelformen anſchaulich wie folgt darſtellen.

Gegenüber dem geradſeitigen Kegelſtumpfe ergiebt ſich ein negativer Fehler halb ſo groß wie bei der Smalianſchen Formel, nämlich gleich $\frac{1}{12}$ jener Durchmeſſerdifferenzenwalze.

$$\Delta = v_H - v_K = \frac{\pi}{4}\,\delta^2 l - \frac{\pi}{4}\,\frac{l}{3}\cdot(d_0^2 + d_0 d_n + d_n^2)$$

Da nun beim Kegel

$$\delta = \frac{d_0 + d_n}{2} \quad \text{oder} \quad \delta^2 = \frac{d_0^2 + 2\,d_0 d_n + d_n^2}{4}$$

iſt, ſo erhält man

$$\Delta = \frac{\pi}{4}\,\frac{l}{4}\,(d_0^2 + 2\,d_0 d_n + d_n^2) - \frac{\pi}{4}\,\frac{l}{3}\,(d_0^2 + d_0 d_n + d_n^2);$$

daraus

$$\Delta = -\,\frac{1}{12}\,\frac{\pi}{4}\,l\,(d_0 - d_n)^2$$

Der Inhalt des Neiloidſtumpfes wird um ungefähr $\frac{1}{8}$ dieſer Walze zu klein angegeben.*)

Bei der praktiſchen Anwendung dagegen hat ſich die Formel außerordentlich bewährt. Mit der denkbar größten Einfachheit und Bequemlichkeit

*) Vergl. v. Guttenberg in Loreys Handbuch, Bd. 3, S. 109.

bei der Meſſung ſowohl, wie bei der Benutzung tabellariſcher Rechnungshilfsmittel, verbindet ſie eine für die gewöhnliche Praxis ausreichende Genauigkeit, ſolange ſich die Baumſchäfte der Paraboloidform mehr oder minder nähern.

Unterſuchungen über die Genauigkeit liegen zahlreich vor:

Autor	Stammzahl	Fehlergrenze in Prozenten +	Fehlergrenze in Prozenten −	Fehler Durchſchnitt	Publiziert
Judeich	27 Fi	4,8	6,7	+ 1,33	A. F. u. J. Z. 1861, S. 117
Derſelbe	5 Ki	3,5	5,7	− 0,82	
Seidenſticker	25 Fi	—	—	+ 4,30	Daſ. 1860, S. 106
Preßler	80	16,5	9,0	+ 1,56	Th. f. J., Bd. 12, S. 192
Schaal	300	—	—	+ 3,78	A. F. u. J. Z. Suppl., 5. Bd., S. 141
Zenker	484 Fi	—	—	+ 0,56	Z. d. Böhm. F. V. 1882, Heft 3, S. 21
Derſelbe	235 Ta	—	—	+ 0,09	
Midloch	242 Fi	—	—	+ 0,34	Daſ. 1885/6 u. 86/7
Riecke	48	3,6	9,3	− 0,72	Üb. d. Berechn. d. k. J. d. B., S. 74
Kunze	10 Fi	8,23	13,69	− 2,99	Th. f. J., 19. Bd., S. 250
Schwappach	50 Fi	—	—	− 2,3	Z. f. F. u. J. 1888, S. 64
Walther	5	− 2,0	13,6	− 8,6	Z. f. F. u. J. 1887, S. 242
Holl	85 Fi	8,5	10,2	+ 1,21	Ö. V. 1890, S. 296
Eberhard	225 Fi	− 5,33	1,94	− 3,14	M. f. H. 1894, VI. 34, für Langholz.
	221 Ta	− 3,22	1,38	− 2,76	
	99 Ki	− 7,27	4,81	− 6,37	

Ausgedehnte neuere Unterſuchungen liegen von Flury vor (M. d. Schw. Z. f. d. f. V. W., 2. Bd., 1892, S. 161). Derſelbe fand eine abſolute Genauigkeit der Formel γl (γ verglichen auf mm gemeſſen) gegenüber der genaueſten Sektionsmeſſung mit 2 m Sektionen.

Im Mittel von Stämmen	Für Sägholz verſchieden lang obere Stärke 30 cm	Für Bauholz verſchieden lang obere Stärke 24 cm	Geſamtes Derbholz des Schaftes ausgehalten bis 7,0 cm
bei 576 Fichten	− 3,6 %	− 2,4 %	+ 0,5 %
„ 479 Buchen	− 1,6 %	—	+ 3,2 %
„ 158 Tannen	− 2,3 %	− 0,6 %	+ 3,1 %
„ 12 Kiefern	—	—	− 4,3 %
„ 29 Weymouthskiefern	—	—	− 1,7 %

Ein allgemeines, abſchließendes und kurzes Urteil über das richtige Arbeiten der Formel läßt ſich, wie vorſtehende Zahlen zeigen, ſomit in keiner Weiſe fällen. Die zu erwartenden poſitiven und negativen Fehler hängen nicht allein von der Holzart ab (Kiefer ſcheint faſt durchweg zu klein kubiert zu werden), ſondern innerhalb derſelben Holzart noch von einer ganzen Reihe anderer Faktoren. So werden die prozentiſchen Fehler mit zunehmendem

Alter kleiner (Flury a. a. O. 171). Die Betriebsform, Plenterwald oder ſchlagweiſer Hochwald, ſcheint weniger Einfluß auszuüben, dagegen umſomehr die Länge der Stammſtücke, bezw. die Stelle des Ablängens. Hierdurch kann z. B. der poſitive Fehler, begangen am ganzen Stamme, übergehen in einen negativen für die untere ſtarke Hälfte desſelben. Im Übrigen wächſt die Genauigkeit, je geringer die abſolute Länge des zu meſſenden Stammabſchnittes gegenüber der Länge des ganzen Stammes iſt, ſo daß beiſpielsweiſe kurze 3—5 m lange Klötze ſehr genau kubiert werden, und um ſo genauer, je mehr ſie aus der Mittelregion eines Baumes herrühren, wo ſie ſich ja der Walzenform am meiſten nähern. Selbſtverſtändlich wächſt die durchſchnittliche Genauigkeit mit der Zahl der gemeſſenen Stämme und auf ganzen Schlägen gleicht ſich der Fehler in der Regel ſo ziemlich aus. Im einzelnen ſind natürlich größere Abweichungen vom wirklichen Inhalt, und zwar nach der negativen wie poſitiven Seite, nicht zu vermeiden. Um nun auch hier beſſere Reſultate zu erhalten, hat man in der früher viel verbreiteten, aber irrtümlichen Meinung, der Fehler ſei in der Regel poſitiv, die Formel etwas modifizieren wollen. So wurde ſchon Ö. V. 1857, 5. 3 vorgeſchlagen, δ etwas kleiner als in Wirklichkeit anzunehmen; ebendenſelben Effekt hat übrigens auch der allenthalben geübte Gebrauch, Bruchteile von cm bei der Mittenmeſſung außer acht zu laſſen, wogegen namentlich auch vom Standpunkte kaufmänniſcher Kulanz kaum etwas eingewendet werden kann. Zu entſchieden fehlerhaften Reſultaten muß aber, wie Eberhard und Flury neuerdings überzeugend nachgewieſen haben,*) das früher z. B. in Württemberg übliche Verfahren, δ auf gerade cm abzurunden, führen.**) Erſterer fand bei Mittenmeſſung, abgerundet nach unten auf ganze cm, gegenüber dem genauen Inhalte in Prozenten bei Langholz:

Fehler bei	Stammklaſſe I	II	III	IV	Durchſchnitt
Fichte	— 8,1	— 6,90	— 6,20	— 6,83	— 6,82
Tanne	— 5,30	— 5,48	— 4,77	— 6,89	— 5,35
Kiefer	—	— 8,70	— 11,10	— 12,47	— 10,80

Die Abrundung auf gerade cm ergab bei Fichte durchſchnittlich etwa — 9 %, bei Tannen — 7 % und bei (entrindeten) Kiefern — 6 % Fehler, die ſich in einzelnen praktiſchen Fällen bis auf — 20 % und mehr ſteigerten. Ähnlich fand Flury (a. a. O. 186) bei Weglaſſung der Bruchteile von 1 cm bezw. 2 cm bei allen Holzarten um 2,6—6,2 % zu niedrige Maſſen.

*) Eberhard. Mündener forſtl. Hefte VI, S. 43.

**) Sonderbarerweiſe iſt die Schweiz neuerdings (Verhandlungen d. Schweiz. Forſtvereins 1897 in Luzern, A. F. u. J. Z. 1897, S. 410) zu dieſer fehlerhaften Methode übergegangen.

Andere Vorschläge wollen δ als Durchschnitt der bei $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ der Stammlänge gefundenen d berechnen, oder längere Stämme in 2 Hälften kubieren. Diese Methode führt aber bereits über zu den eigentlichen Sektionsmessungen, von denen weiter unten die Rede sein wird.

4. Rieckesche Formel.

$$v = \frac{l}{6}(g_0 + 4\gamma + g_n) \quad \text{für Stutze und}$$

$$v = \frac{l}{6}(g_0 + 4\gamma) \qquad \text{für Vollkörper}$$

Diese bereits oben als Newtonsche Formel angeführten Ausdrücke wurden von dem Oberstudienrat und Professor an der land- und forstwirtschaftlichen Akademie Hohenheim Fr. Jos. P. von Riecke 1849 für die Zwecke der Holzmeßkunde in Vorschlag gebracht*) und seitdem gewöhnlich auch nach ihm benannt. Es hatte aber schon früher (A. F. u. J. Z. 1830 S. 306) der k. b. Forstamtsverweser Then die Formel $k = \frac{\pi}{4}\left(\frac{4\delta^2 + d^2}{6}\right) h$ abgeleitet.

Sie ist, wie wir gesehen haben, für die drei typischen Kegel richtig und giebt auch für die dazwischenliegenden Kegelformen nur geringe Abweichungen vom wirklichen Inhalt. Beispielsweise**) für

$$\left.\begin{array}{ll} r = 0{,}5 & \Delta = +\ 0{,}44\ \% \\ r = 1{,}5 & \Delta = -\ 0{,}32\ \% \end{array}\right\} \text{von } \frac{l}{6}(g_0 + 4\gamma)$$

Auf die Ableitung eines allgemeinen Ausdrucks für den Fehler möge hier als zu kompliziert verzichtet werden, wie ja bereits früher schon die allgemeine Beweisführung für die Newtonsche Formel als zu umständlich (auf elementarem Wege) ebenfalls unterlassen wurde.

Erwähnt werden möge aber hier die interessante Studie von Ferdinand Holl, (Ö. V. 1890. S. 272 u. 348), welcher für die Rieckesche Formel (und für die noch zu erwähnenden weiteren Formeln) nachweist, daß sie sich als Kombination der Huberschen und der Smalianschen Formel darstellen läßt. Es ist nämlich $\frac{l}{6}(g_0 + 4\gamma + g_n)$ nichts anderes als $\frac{1}{3}\cdot\left(l\frac{g_0 + g_n}{2} + 2l\gamma\right)$. Die Merkwürdigkeit, daß man durch diese Kombination der nur für das Paraboloid gültigen Formeln eine neue, auch für Kegel und Neiloid gültige erhält, erklärt sich dadurch, daß sich auf diese Weise die Fehler der einzelnen Formeln, angewendet auf letztere Körper, ausgleichen. Wir hatten oben S. 24 beispielsweise den Fehler der Smalianschen Formel beim geradseitigen Kegelstumpfe

*) „Über die Berechnung des körperlichen Inhalts ꝛc.".

**) Langenbacher und Nossek. Holzmeßkunde S. 92.

zu $+\frac{l}{6}\frac{\pi}{4}(d_0 - d_n)^2$, den der Huberschen aber auf $-\frac{l}{12}\frac{\pi}{4}(d_0 - d_n)^2$ festgestellt. Diese Fehler müssen sich natürlich bei einer Kombination Smalian + 2 mal Huber ausgleichen, was ebenso beim Neiloid gilt.

Von Untersuchungen über die praktisch erzielbare Genauigkeit liegen nur wenige vor.

Autor	Stammzahl	Fehlerprozente Grenzen	Fehlerprozente Durchschnitt	Publiziert
Holl*)	85 Fi	+ 5,7 — 6,5	— 0,07	Ö. V. 1890. S. 352.
Zenker	235 Ta	— —	+ 0,75	
Midloch	242 Fi	— —	+ 2,11	

5. Simonys Formel.

Bezeichnet man die Querflächen bei $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ der Stammlänge mit $g_{\frac{1}{4}}$, γ und $g_{\frac{3}{4}}$, so ergiebt sich

$$v = \frac{l}{3}\left(2\left(g_{\frac{1}{4}} + g_{\frac{3}{4}}\right) - \gamma\right)$$

Diese Formel wurde zuerst von O. Simony, Professor der Mathematik und Physik an der Hochschule für Bodenkultur in Wien, aufgestellt (C. f. d. g. F. 1876, S. 556).

Auf die etwas umständliche Beweisführung wird verzichtet, sie findet sich u. a. bei Langenbacher und Nossek, Holzmeßkunde, S. 85, auch bei v. Guttenberg in Loreys Handbuch der Forstwissenschaft II. 106, ferner M. a. d. f. V. W. Ö. 1881. S. 157.

Diese Formel gilt genau für Vollkörper und Stümpfe der drei typischen Kegelformen und vermeidet dabei die Fehlerquellen bergende Benutzung der Endflächen. Sie wird deswegen vom theoretischen Standpunkte aus mehrfach (z. B. C. f. d. g. F. 1888, S. 38 von Langenbacher) warm empfohlen, scheint sich aber bei der praktischen Anwendung nicht den Erwartungen entsprechend zu bewähren. Da sie sich nämlich als wiederholte Anwendung der Huberschen Formel charakterisiert

$$v = \frac{l}{3}\left(2\left(g_{\frac{1}{4}} + g_{\frac{3}{4}}\right) - \gamma\right) = \frac{1}{3}\left(4\,\frac{l}{2}\,g_{\frac{1}{4}} + 4\,\frac{l}{2}\,g_{\frac{3}{4}} - \gamma l\right)$$

so müssen auch alle bei der Anwendung jener Formel zu Tage tretenden Fehler sich bemerkbar machen, bisweilen also sogar additiv.

Holl**) fand an seinen 85 Fichten ein Fehlerprozent von — 2,81 %

*) Holl benutzt übrigens nicht die wirkliche unterste Endfläche, sondern einen Querschnitt 1 m über dem unteren Abschnitt, was die Vergleichbarkeit seiner Zahlen stark beeinträchtigen muß.

**) A. a. O. S. 359.

mit Schwankungen von + 2,6 bis — 7,2 %, andere größere Versuche sind nicht veröffentlicht. Der praktischen Anwendung steht die Umständlichkeit der Messung und vor allem auch der Berechnung entgegen.

6. Breymanns Formel.

K. Breymann, Professor der Forstmathematik an der k. k. Forstakademie Mariabrunn, stellte 1865 die Formel auf

$$v = \frac{l}{8}\left[g_0 + 3\left(g_{\frac{1}{3}} + g_{\frac{2}{3}}\right) + g_n\right]$$

welche die drei typischen Kegel und ihre Stutze mathematisch genau kubiert. Beweis siehe: Ö. V. 1865, S. 714 und Breymann, Anleitung zur Holzmeßkunst, Wien 1868, v. Guttenberg bei Lorey II, S. 103. Sie läßt sich auflösen in eine wiederholte Anwendung der Smalianschen Formel

$$v = \frac{l}{8}\left[g_0 + 3\left(g_{\frac{1}{3}} + g_{\frac{2}{3}}\right) + g_n\right]$$

$$= \frac{3}{4}\left[\frac{l}{3}\left[\frac{g_0 + g_{\frac{1}{3}}}{2}\right] + 2\,\frac{l}{3}\left[\frac{g_{\frac{1}{3}} + g_{\frac{2}{3}}}{2}\right] + \frac{l}{3}\left[\frac{g_{\frac{2}{3}} + g_n}{2}\right]\right]$$

und muß, da sie sich so der Sektionsmessung nähert, bessere Resultate liefern als jene, trotz der Benutzung des fehlerhaften unteren Durchmessers. Holl*) fand bei jenen 85 Fichten — 0,96 % mit Schwankungen von + 1,6 bis — 4,1 % Fehler. Die Anwendung von 4 Durchmessern muß ihr aber den Weg in die Praxis für immer versperren.

7. Weddles Formel.

Durch Anwendung einer weiteren Zahl von Durchmessern lassen sich natürlich noch eine ganze Reihe von Formeln aufstellen, welche, theoretisch betrachtet, große Genauigkeit der Resultate liefern müssen. So z. B. die Formel von Th. Weddle (1817—1853 Professor an der k. Militärschule zu Sandhurst) in unserer Schreibweise

$$v = \frac{3l}{10}\left[g_0 + g_{\frac{2}{6}} + g_{\frac{4}{6}} + g_n + 5\left(g_{\frac{1}{6}} + g_{\frac{5}{6}}\right) + 6\gamma\right]$$

worin l die Entfernung von einer Meßstelle bis zur nächsten bedeutet. Alle derartigen Formeln sind aber viel zu kompliziert, als daß sie je Aussicht auf Anwendung hätten und man erreicht eine gleich große, ja die größte überhaupt auf stereometrischem Wege zu erlangende Genauigkeit viel bequemer mit Hilfe der sektionsweisen Kubierung.

*) A. a. O. S. 359.

8. Sektionsweise Kubierung.

Die komplizierteren Formeln, z. B. von Breymann, Weddle u. a., lieferten, wie wir gesehen haben, deswegen zuverlässigere Resultate, als die einfacheren, weil sie durch Abgreifen mehrerer Durchmesser den besonderen Formen der Stammkurve ziemlich genau zu folgen wissen, und es läßt sich so mit der Vermehrung der Durchmesser, natürlich nur bis zu einer gewissen Grenze, auch die Genauigkeit steigern. Die verbreitete Anwendung solcher Formeln aber verbietet sich von ganz allein durch die Umständlichkeit ihrer Behandlung. Zudem kann man einen höheren Grad der erreichbaren Genauigkeit auf einem viel bequemeren Wege erlangen.

Faßt man nämlich sehr kurze, 1 bis 2 m lange Stammstücke ins Auge, so wechselt auf diesen kurzen Strecken der Formexponent nur sehr wenig und es ergiebt die Anwendung irgend einer ganz einfachen, aber gerade für diesen Formexponenten passenden Formel ein zuverlässiges Ergebnis für dies Stück. Durch Summierung der Inhalte der einzelnen Stücke erhält man dann ähnlich genau den Inhalt des ganzen Stammes. Dies Verfahren führt den Namen Sektionsweises Kubieren. Es ist hierbei nicht einmal notwendig, dem Wechsel der Formexponenten mit der Länge der einzelnen Stücke im Einzelnen zu folgen, sondern man kann aus Gründen der Bequemlichkeit gleichlange Sektionen wählen. Anwendbar ist bei diesem Verfahren jede richtige Formel, in thatsächlichem Gebrauche aber sind die folgenden.

a) Sektionsweise Kubierung nach Smalians Formel.

Man teilt den Stamm in eine beliebige Anzahl gleichlanger Sektionen von der Länge l*), deren Endflächen der Reihe nach mit

$$g_0\ g_1\ g_2\ \cdots\ g_n$$

und deren Inhalte mit

$$v_1\ v_2\ v_3\ \cdots\ v_n$$

bezeichnet seien.

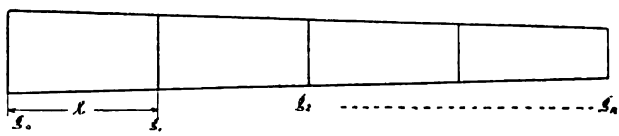


Fig. 13.

Dann ist

$$v_1 = \frac{l}{2}(g_0 + g_1) \qquad v_2 = \frac{l}{2}(g_1 + g_2) \text{ u. s. f. und}$$

*) Hier und in den folgenden Ausführungen bedeutet also l stets die Entfernung von einer gemessenen Stelle bis zur nächsten, also unter c nicht die ganze Sektionslänge der Einheitsformel.

$$v = v_1 + v_2 + v_3 + \cdots + v_n$$

oder

$$= \frac{l}{2}(g_0 + g_1) + \frac{l}{2}(g_1 + g_2) + \frac{l}{2}(g_2 + g_3) + \cdots + \frac{l}{2}(g_{n-1} + g_n)$$

$$= \frac{l}{2}\left[g_0 + g_n + 2(g_1 + g_2 + g_3 + \cdots + g_{n-1})\right]$$

oder auch

$$= l\left[\frac{g_0 + g_n}{2} + g_1 + g_2 + g_3 + \cdots + g_{n-1}\right]$$

b) Sektionsweise Kubierung nach der Mittenflächenformel.

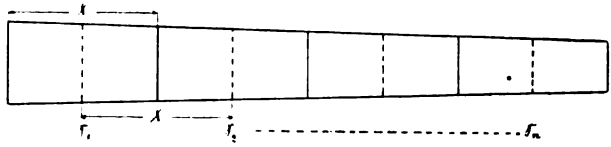


Fig. 14.

Bezeichnen wir die Mittenflächen der Sektionen mit γ_1 γ_2 γ_3 u. s. f. bis γ_n, so ergiebt sich ohne weiteres

$$v = l(\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \cdots + \gamma_n)$$

Diese Methode ist die allereinfachste und steht den übrigen an Genauigkeit nicht nach.

c) Sektionsweise Kubierung mit der Rieckeschen Formel. Simpsonsche Regel.

Will man die Newtonsche Formel

$$v = \frac{l}{6}(g_0 + 4\gamma + g_n)$$

anwenden, so kann man entweder die Sektionen wie unter b) noch in ihrer Mitte messen, oder aber man faßt 2 derselben zusammen. In diesem Falle muß jedoch deren Zahl n eine Gerade sein, auch ist die Länge jetzt $2l$ und es ist nunmehr der Inhalt der ersten (Doppel) Sektion

$$v_1 = \frac{2l}{6}(g_0 + 4g_1 + g_2)$$

und

$$v_2 = \frac{2l}{6}(g_2 + 4g_3 + g_4) \cdots$$

schließlich

$$v_{\frac{n}{2}} = \frac{2l}{6}(g_{n-2} + 4g_{n-1} + g_n)$$

somit

$$v = \frac{l}{3}[g_0 + g_n + 4(g_1 + g_3 + \cdots + g_{n-1}) + 2(g_2 + g_4 + \cdots + g_{n-2})]$$

Trotz der größeren theoretischen Richtigkeit dieser letzten Methode, der bekannten Simpsonschen Regel, die ja für paraboloische, geradseitige und neiloidische Kegel gleichzeitig genau arbeitet, ergiebt sich doch in der Praxis kein erheblicher Unterschied in den Resultaten gegenüber den beiden anderen, von denen die kombinierte Hubersche den großen Vorzug der höchsten Einfachheit besitzt.

Selbst für große Genauigkeit verlangende Kubaturen genügt eine Sektionslänge von 2, höchstens 1 m, doch geben bereits Sektionen von 4 und 5 m schon sehr zufriedenstellende Resultate. Die gewöhnlich angewendete Länge ist 2 m.

9. Verschiedene andere Methoden.

Den nachgenannten Formeln kommt keinerlei praktische Bedeutung zu. Sie bieten jedoch ein wissenschaftliches und historisches Interesse und mögen daher, auch der Vollständigkeit wegen, einen Platz finden.

a) Kubierung nach dem geglichenen Durchmesser.

Eine bereits im vorigen Jahrhundert angewendete Formel ist die Formel des geglichenen Durchmessers

$$v = \frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 + d_n}{2}\right)^2$$

Dieselbe muß jedoch, wie eine einfache Vergleichung mit den typischen Kegeln zeigt, stets zu kleine Resultate ergeben. Gegenüber dem Paraboloidstumpf ergiebt sich ein Fehler

$$\Delta = v_P - v = \frac{1}{2}\frac{\pi}{4} l (d_0^2 + d_n^2) - \frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 + d_n}{2}\right)^2$$

$$= \frac{1}{4}\frac{\pi}{4} l (2 d_0^2 + 2 d_n^2 - d_0^2 - 2 d_0 d_n - d_n^2) = \frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 - d_n}{2}\right)^2$$

Die Formel giebt somit den Inhalt des Paraboloidstumpfes zu klein an um den Inhalt einer Walze von gleicher Länge und einer Grundfläche, gleich der Kreisfläche aus der halben Differenz des oberen und unteren Durchmessers des Stumpfes.

Verglichen mit dem geradseitigen Kegel ergiebt sich

$$\Delta = v_K - v = \frac{1}{3}\frac{\pi}{4} l (d_0^2 + d_0 d_n + d_n^2) - \frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 + d_n}{2}\right)^2$$

$$= \frac{1}{12}\frac{\pi}{4} l (4 d_0^2 + 4 d_0 d_n + 4 d_n^2 - 3 d_0^2 - 6 d_0 d_n - 3 d_n^2)$$

$$= \frac{1}{3}\frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 - d_n}{2}\right)^2$$

Analog erhält man beim Vergleich mit dem Neiloidstumpf einen noch größeren, aber negativen Fehler

$$\Delta = v_N - v = -\frac{1}{4}\frac{\pi}{4} l \left[\sqrt[3]{d_0^2 d_n} - \sqrt[3]{d_0 d_n^2}\right]^2$$

Aus der Form der Differenzen erhellt ohne weiteres, daß der Fehler, gleichbleibendes d_0 und l vorausgesetzt, mit Abnahme des oberen Durchmessers d_n wachsen und seinen Höchstbetrag bei $d_n = 0$, d. h. bei Vollkörpern erreichen muß. In diesem Falle beträgt er beim Paraboloid 50 %, beim Kegel 25 %, während er beim Neiloid = 0 wird.

Es haftet jedoch diesem Verfahren noch ein zweiter bedenklicher Fehler an, daß es nämlich nach Abschneiden des schwächeren Endes eines Stammes unter Umständen für den Rest mehr Masse ergiebt, als für den ganzen Stamm. Wie Kunze speziell nachgewiesen hat*), zeigt die Formel beim Paraboloid und Kegel, nicht aber beim Neiloid, nach der Verkürzung so lange eine Zunahme des Inhalts, bis die Verkürzung einen bestimmten Wert erreicht, um von da an bei weiterem Abschneiden wieder sinkende Massen zu liefern. Beim Paraboloidstumpf bekommt man den Maximalbetrag an Inhalt bei einer Verkürzung auf

$$l_1 = l - \frac{d_0^2 - 4 d_n^2}{4 (d_0^2 - d_n^2)} l$$

beim geradseitigen Kegel bei

$$l_1 = l - \frac{d_0 - 3 d_n}{3 (d_0 - d_n)} l.$$

Ein Zahlenbeispiel mag dies erweisen.

Ein Stamm habe bei 12 m Gesamtlänge ein d_0 von 17,9 cm und ein d_n von 6,9 cm. Der Durchmesser d_{10} bei 10 m der Länge sei 9,5 cm. Alsdann ist der Inhalt des 12 m langen Stückes

$$v_1 = \frac{\pi}{4} 12 \cdot \left(\frac{17{,}9 + 6{,}9}{2}\right)^2 = 0{,}1449 \text{ fm},$$

der des 10 m langen Stückes dagegen

$$v_2 = \frac{\pi}{4} 10 \cdot \left(\frac{17{,}9 + 9{,}5}{2}\right)^2 = 0{,}1474 \text{ fm}.$$

b) Rudorfs Kegelparaboloidformel.

Der sächsische Vermessungskondukteur Rudorf**) hatte den Fehler der Kubierung nach dem geglichenen Durchmesser erkannt und wollte ihn durch Aufstellung der Formel (in unserer Schreibweise)

$$v = \frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 + d_n}{2}\right)^2 + \frac{2}{3}\frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 - d_n}{2}\right)^2$$

*) Holzmeßkunst. S. 80.

**) Vergl. hierzu auch Riecke. Über die Berechnung ꝛc. S. 57 und A. F. u. J.-Z. 1830. S. 116.

korrigieren. Er berechnete auch „Kubiktafeln zur Bestimmung des Inhaltes der Rundhölzer“ (Dresden 1825) nach dieser Formel. Aus den Ausführungen über die Methode der geglichenen Durchmesser wissen wir, daß hierdurch nur eine Korrektur um das Mittel zwischen dem Fehler beim paraboloischen Stumpf $\frac{3}{3}\frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 - d_n}{2}\right)^2$ und dem Kegelstumpf $\frac{1}{3}\frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 - d_n}{2}\right)^2$ erfolgen kann.

c) Walthers Formel.*)

$$v = \frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 + d_n}{2}\right)^2 + \left[\frac{4}{5} + \left(\frac{d_n}{d_0}\right)^2\right] \frac{\pi}{4} l \left(\frac{d_0 - d_n}{2}\right)^2$$

Der Faktor $\left[\frac{4}{5} + \left(\frac{d_n}{d_0}\right)^2\right]$ wird $= 1$ und die Formel geht dann in die Paraboloidformel über, sobald $\frac{d_n}{d_0} = \sqrt{\frac{1}{5}} = 0{,}4472$ wird. Die Formel vermag aber hierdurch nicht sich den verschiedenen Körperformen anzuschmiegen und kubiert selbst einen Paraboloidstumpf nur dann genau, wenn dieser zufällig an der Stelle abgelängt ist, wo eben jenes Verhältnis eintritt, d. h. wo $\frac{d_n}{d_0} = 0{,}4472$ beträgt. Bei stark abgelängten Stämmen muß ein bedeutender positiver Fehler entstehen.

d) Oetzels Formeln.

In neuerer Zeit hat Oetzel,**) Herz. S. Kob. Gothaischer Oberforstmeister, den Versuch gemacht, neue Formeln aufzustellen. Er empfiehlt besonders die drei (in unserer Schreibweise)

1) $$v = \frac{1}{9}\frac{\pi}{4} l \left(5\, d^2_{\frac{1}{4}} + 3\, d^2_{\frac{3}{4}}\right)$$

für Vollkörper.

2) $$v = \frac{1}{6}\frac{\pi}{4} l \left[\frac{m^2}{(m-2)(m-1)} d^2_{\text{bei } \frac{1}{m} l} + \frac{4(m-3)}{m-2}\delta^2 + \frac{m}{m-1} d^2_{\substack{\text{End-}\\ \text{durchmesser}}}\right]$$

für Stutze, worin m die Meßhöhe in Metern bezeichnet.

3) $$v = \frac{1}{2}\frac{\pi}{4} l' \left[\left(d^2_{\text{bei } 0{,}211\, l'} + d^2_{\text{bei } 0{,}788\, l'}\right) + \left(d_3^2 + d_4^2\right) + \cdots + \left(d^2_{2n-1} + d^2_{2n}\right)\right]$$

für sektionsweise Kubierung, bei welcher die Durchmesser jeder Sektion bei 0,211 und 0,788 der Sektionslänge l' gemessen werden sollen.

---

*) A. F. u. J.-Z. 1826, S. 265. Riecke a. a. O. S. 58.

**) G. Oetzel, Neue Formeln zur Berechnung des Rauminhalts voller und abgestutzter Baumschäfte. Wien u. Leipzig 1892.

Die Formeln sind mathematisch richtig, mögen auch bei praktischer Anwendung genaue Resultate ergeben, richten sich jedoch durch ihre Kompliziertheit von selbst. Ein Bedürfnis nach neuen Formeln für die Stammkubierung muß überhaupt verneint werden. Die Formel $\gamma\, l$ wird kaum jemals verdrängt werden können und es handelt sich jetzt für uns nur darum und ist von großer Wichtigkeit, diese Formel so anwenden zu lernen, daß sie bei allen Stammformen ein möglichst zuverlässiges Resultat liefert.

e) Exponentialmethode.

Kennt man den Formexponenten eines Stammes oder Stammstückes, so ist es möglich, zur Ermittelung des Inhaltes auch die ganz allgemein giltigen Formeln I und III

$$v = \frac{1}{r+1}\,\frac{\pi}{4}\,d_0^2\,l$$

und

$$v_{St} = \frac{1}{r+1}\,\frac{\pi}{4}\,l\,\frac{d_0^2\sqrt[r]{d_0^2} - d_n^2\sqrt[r]{d_n^2}}{\sqrt[r]{d_0^2} - \sqrt[r]{d_n^2}}$$

zu benützen, worauf nur der Vollständigkeit wegen noch hingewiesen sei. Eine praktische Bedeutung des Verfahrens ist, abgesehen von der Schwierigkeit der Ermittelung des r, wegen der außerordentlichen Umständlichkeit der notwendigen logarithmischen Rechnung ausgeschlossen.

f) Französische Methode aufs Fünftel*) (cubage au cinquième).

Eine in Frankreich hier und da angewendete Näherungsmethode ermittelt das Volumen aus

$$v = \left(\frac{u}{5}\right)^2 2l$$

worin u den Umfang in Stammmitte, l die Länge bedeutet. Dieselbe liefert ziemlich zuverlässige Resultate, z. B.

l	δ	u	$\left(\frac{u}{5}\right)^2$	v	
				aufs Fünftel	nach $\gamma\, l$
10 m	10 cm	31,4 cm	39,69	0,079 fm	0,079 fm
10 „	20 „	62,8 „	158,76	0,318 „	0,314 „
10 „	30 „	94,2 „	353,44	0,707 „	0,707 „
10 „	40 „	125,7 „	630,01	1,260 „	1,257 „

*) Ch. Broillard. Le traitement des bois en France à l'usage des particuliers. Paris 1881. Vergl. auch A. F. u. J.-Z. 1885. 427 und 1886. 107. 114. F. Zbl. 1898. 451.

Die auffallende Übereinstimmung mit γl wird erklärlich durch folgende Gegenüberstellung

$$v = \frac{\pi}{4}\delta^2 l \sim \left(\frac{u}{5}\right)^2 2l = \left(\frac{\delta\pi}{5}\right)^2 2l$$

woraus, wenn wir δ und l gleich 1 setzen, sich die Ähnlichkeit ergiebt

$$\frac{\pi}{4} \sim \left(\frac{\pi}{5}\right)^2 2$$

$$0{,}7854 \sim 0{,}6283^2 \cdot 2$$

$$0{,}7854 \sim 0{,}7895$$

Die Methode hat den Vorzug, in Ermangelung von Kluppe und Kubiktabellen bei bequemer Rechnungsmethode (insbesondere Vermeidung der Zahl π) rasch ein leidlich sicheres Resultat zu liefern. In einer anderen häufig angewendeten Form lautet dieselbe $v = \left(\frac{u}{5}\right)^2 l$ oder auch $\left(\frac{u}{4}\right)^2 l$. Dann muß sie natürlich einen Stamm mit erheblichem Fehler, d. h. zu klein, kubieren. In dieser Form ist sie dem Gedanken entsprungen, daß die Seite eines vollkantig behauenen Stammes gleich $\frac{1}{5}$, eines rundkantig behauenen gleich $\frac{1}{4}$ des Umfanges ist. Sie giebt also den Inhalt eines solchen behauenen Stammes an.

Anmerkung. Eine Reihe anderer stereometrischer Kubierungsmethoden soll hier übergangen werden, entweder weil sie vorzugsweise zur Inhaltsermittelung stehender Bäume bestimmt sind, wie z. B. die Preßlersche Richtpunktsmethode, oder aber weil sie als bloße Näherungsmethoden keine weitere Bedeutung haben. Hierher gehört z. B. das Kubierungsverfahren von W. Putick (Z. f. d. g. F. 1885, S. 91), welcher in der Formel $v = \frac{\pi}{4}\delta^2 l$ den Faktor $\frac{\pi}{4}\delta^2$ für alle vorkommenden δ ausrechnet und dann den Inhalt aus der Multiplikation desselben einfach mit l findet. Oder das von Chytráček (Z. f. d. g. F. 1892, S. 512), der die Mittenstärke eines Klotzes aus der Oberstärke mittels eines Anlaufsfaktors berechnen will, um die gewöhnlichen Walzentafeln für die Kubierung von Klötzen aus dem oberen Durchmesser benutzen zu können, im Ganzen ein recht überflüssiges Beginnen.

Meßpunkt der Durchmesser	Allgemeine Formel	Parabolischer Kegel	Geradseitiger Kegel	Neiloidischer Kegel
		Für Vollkegel.		
am Grunde	$v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d_0^2 l$	$v = \frac{1}{2} g_0 l$	$v = \frac{1}{3} g_0 l$	$v = \frac{1}{4} g_0 l$
in der Mitte	$v = \frac{2^r}{r+1} \frac{\pi}{4} \delta^2 l$	$v = \gamma l$ (Huber)	$v = \frac{4}{3} \gamma l$	$v = 2\gamma l$
bei $\frac{1}{3} l$	$v = \frac{1}{r+1} \left(\frac{3}{2}\right)^r \frac{\pi}{4} d_{\frac{1}{3}}^2 l$	$v = \frac{3}{4} g_{\frac{1}{3}} l$ (Hoßfeld)		$v = \frac{27}{32} g_{\frac{1}{3}} l$
bei $\frac{1}{4} l$	$v = \frac{1}{r+1} \left(\frac{4}{3}\right)^r \frac{\pi}{4} d_{\frac{1}{4}}^2 l$	$v = \frac{2}{3} g_{\frac{1}{4}} l$	$v = \frac{16}{27} g_{\frac{1}{4}} l$	

Für Kegelstümpfe.

(Gleichzeitig giltig für Vollkegel sofern ein vorkommendes $g_n = 0$ gesetzt wird.)

am oberen und unteren Ende	$v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} l \frac{d_0^2 d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^2 d_n^{\frac{2}{r}}}{d_0^{\frac{2}{r}} - d_n^{\frac{2}{r}}}$	$v = \frac{1}{2} l (g_0 + g_n)$ (Smalian)	$v = \frac{1}{3} l \left(g_0 + \sqrt{g_0 g_n} + g_n\right)$	$v = \frac{1}{4} l \left[g_0 + \sqrt[3]{g_0 g_n} \left(\sqrt[3]{g_0} + \sqrt[3]{g_n}\right) + g_n\right]$
in der Mitte	—	$v = \gamma l$ (Huber)	—	—
am oberen Ende und bei $\frac{1}{3}$ der Länge	—	$v = \frac{l}{4}\left(3 g_{\frac{1}{3}} + g_n\right)$ (Hoßfeld)		—
in der Mitte und an beiden Enden	—	$v = \frac{l}{6}\left(g_0 + 4\gamma + g_n\right)$ (Riecke)		
in der Mitte, bei $\frac{1}{4}$ und bei $\frac{3}{4}$ der Länge	—	$v = \frac{l}{3}\left[2\left(g_{\frac{1}{4}} + g_{\frac{3}{4}}\right) - \gamma\right]$ (Simony)		
am unteren und oberen Ende, bei $\frac{1}{3}$ und bei $\frac{2}{3}$ der Länge	—	$v = \frac{l}{8}\left[g_0 + 3\left(g_{\frac{1}{3}} + g_{\frac{2}{3}}\right) + g_n\right]$ (Breymann)		

Zahlenbeispiel.

Eine 130jährige Weymouthskiefer von 30,60 m Scheitelhöhe zeigte berindet übers Kreuz gemessen folgende Durchmesser und entsprechende Kreisflächen:

Der Sektionen				Andere Durchmesser			
Nummer	Durchmesser δ gemessen bei m	Durchmesser δ in mm	Kreisfläche γ in qm	Bezeichnung	gemessen bei m	gemessen in mm	Kreisfläche g in qm
1	1,0	437	0,1500	d_0	0	491	0,1893
2	3,0	382	0,1146	d_2	2	409	0,1314
3	5,0	351	0,0968	$d_{\frac{1}{6}}$	4	366	0,1052
4	7,0	349	0,0957	$d_{\frac{1}{4}}$	6	350	0,0962
5	9,0	329	0,0850	$d_{\frac{1}{3}}$	8	339	0,0903
6	11,0	315	0,0779	d_{10}	10	322	0,0814
7	13,0	294	0,0679	$d_{12} = \delta$	12	304	0,0726
8	15,0	285	0,0638	d_{14}	14	290	0,0661
9	17,0	257	0,0519	$d_{\frac{2}{3}}$	16	271	0,0577
10	19,0	249	0,0487	$d_{\frac{3}{4}}$	18	253	0,0503
11	21,0	241	0,0456	$d_{\frac{5}{6}}$	20	245	0,0471
12	23,0	168	0,0222	d_{22}	22	203	0,0320
13	25,0	128	0,0129	d_n	24	148	0,0172
14	27,0	81	0,0052	Hierüber in Brusthöhe			
15	29,0	28	0,0006	$d_{1,3}$	1,3	421	0,1392

Der Stamm möge bei 24 m abgelängt werden und zeigt dann nach den verschiedenen Kubierungsverfahren folgende Inhalte:

1. Nach Smalian

$$v_S = l \cdot \frac{g_0 + g_n}{2}$$

$$v_S = 24 \cdot \frac{0{,}1893 + 0{,}0172}{2} = 2{,}478 \text{ fm}$$

2. Nach Hoßfeld

$$v_{H'} = \frac{l}{4}\left(3 g_{\frac{1}{3}} + g_n\right)$$

$$v_H = \frac{24}{4} \cdot (3 \cdot 0{,}0903 + 0{,}0172) = 1{,}729 \text{ fm}$$

3. Nach der Mittenflächenformel

$$v_m = \gamma l$$

$$v_m = 0{,}0726 \cdot 24 = 1{,}742 \text{ fm}$$

4. Nach Riecke

$$v_R = \frac{l}{6}\left(g_0 + 4\gamma + g_n\right)$$

$$v_R = \frac{24}{6} \cdot (0{,}1893 + 4 \cdot 0{,}0726 + 0{,}0172) = 1{,}988 \text{ fm}$$

5. Nach Simony

$$v_{Si} = \frac{l}{3}\left[2\ (g_{\frac{1}{4}} + g_{\frac{3}{4}}) - \gamma\right]$$

$$v_{Si} = \frac{24}{3}\left[2\ (0{,}0962 + 0{,}0503) - 0{,}0726\right] = 1{,}763 \text{ fm}$$

6. Nach Breymann

$$v_B = \frac{l}{8}\left[g_0 + 3\ (g_{\frac{1}{3}} + g_{\frac{2}{3}}) + g_n\right]$$

$$v_B = \frac{24}{8}\left[0{,}1893 + 3\ (0{,}0903 + 0{,}0577) + 0{,}0172\right] = 1{,}952 \text{ fm}$$

7. Nach Weddle

$$v_W = \frac{3}{10}\, l\left[g_0 + g_{\frac{3}{6}} + g_{\frac{4}{6}} + g_n + 5\ (g_{\frac{1}{6}} + g_{\frac{5}{6}}) + 6\gamma\right]^{*)}$$

$$v_W = \frac{3}{10} \cdot 4[0{,}1893 + 0{,}0903 + 0{,}0577 + 0{,}0172 + 5\ (0{,}1052 + 0{,}0471) + 6 \cdot 0{,}0726]$$

$$= \frac{12}{10} \cdot (1{,}4516) = 1{,}742 \text{ fm}$$

*) l ist hier die Entfernung von einer Meßstelle bis zur nächsten, also 4 m.

8. Sektionsmessung.

Nach Endflächen.	Mittenflächen.	Simpsonsche Regel.
$\frac{g_0 + g_n}{2} = 0{,}1033$	$\gamma_1 = 0{,}1500$	$g_0 = 0{,}1893$
$g_2 = 0{,}1314$	$\gamma_2 = 0{,}1146$	$g_n = 0{,}0172$
$g_4 = 0{,}1052$	$\gamma_3 = 0{,}0968$	$4\,\Sigma\gamma = 3{,}6804$
$g_6 = 0{,}0962$	$\gamma_4 = 0{,}0957$	$2\,\Sigma g = 1{,}6606$
$g_8 = 0{,}0903$	$\gamma_5 = 0{,}0850$	
$g_{10} = 0{,}0814$	$\gamma_6 = 0{,}0779$	
$g_{12} = 0{,}0726$	$\gamma_7 = 0{,}0679$	
$g_{14} = 0{,}0661$	$\gamma_8 = 0{,}0638$	
$g_{16} = 0{,}0577$	$\gamma_9 = 0{,}0519$	
$g_{18} = 0{,}0503$	$\gamma_{10} = 0{,}0487$	
$g_{20} = 0{,}0471$	$\gamma_{11} = 0{,}0456$	
$g_{22} = 0{,}0320$	$\gamma_{12} = 0{,}0222$	
$\Sigma g = 0{,}9336$	$\Sigma\gamma = 0{,}9201$	$\Sigma g = 5{,}5475$
$v = 2\,\Sigma g = 1{,}8672$	$v = 2\,\Sigma\gamma = 1{,}8402$	$v = \frac{1}{3} \cdot 5{,}5475 = 1{,}849$ fm

9. Die Formel des geglichenen Durchmessers würde geliefert haben

$$v = \frac{\pi}{4}\, l \cdot \left(\frac{d_0 + d_n}{2}\right)^2 = 0{,}785 \cdot 24 \cdot \left(\frac{491 + 148}{2}\right)^2$$

$$= 0{,}785 \cdot \frac{24}{4} \cdot 639^2 = 4{,}710 \cdot 0{,}4083 = 1{,}923 \text{ fm}$$

10. Wenn wir schließlich noch den Formexponenten des Stammes berechnen, so ergiebt sich beispielsweise für die mittelste Region des ganzen Stammes von d_{10} bis d_{20} nach der Formel (S. 14)

$$r = 2\,\frac{\log d_{10} - \log d_{20}}{\log l_{\text{bis } 10} - \log l_{\text{bis } 20}}$$

$$= 2\,\frac{\log 322 - \log 245}{\log 20{,}6 - \log 10{,}6}$$

$$= 2\,\frac{2{,}50786 - 2{,}38917}{1{,}31387 - 1{,}02531} = 2\,\frac{0{,}11869}{0{,}28856} = 0{,}82$$

Der Stamm hat also in der Mitte überparaboliſche Formen, wie das ja von der mittleren Region eines so alten Stammes nicht anders zu erwarten war. Infolgedessen können wir auch von vornherein ein wesentlich höheres v von der Inhaltsberechnung mit Hilfe des Formexponenten erwarten.

Der Inhalt berechnet sich dann nach der allgemeinen Formel

$$v = \frac{1}{r+1}\, l \cdot \left| \frac{g_0 \sqrt[r]{g_0} + g_n \sqrt[r]{g_n}}{\sqrt[r]{g_0} + \sqrt[r]{g_n}} \right|$$

Zunächst ist der Wert der Summanden in der Klammer

$$\log \sqrt[r]{g_0} = \frac{1}{0{,}82} \log 0{,}1893$$
$$= 1{,}22\,(0{,}27715 - 1)$$
$$= 0{,}33812 - 1{,}22$$
$$= 0{,}11812 - 1$$
$$\sqrt[r]{g_0} = 0{,}13126$$

$$\log g_0 \sqrt[r]{g_0} = \log 0{,}1893 + \frac{1}{0{,}82} \log 0{,}1893$$
$$= 0{,}27715 - 1 + 1{,}22\,(0{,}27715 - 1)$$
$$= 0{,}27715 + 0{,}33812 - 2{,}22$$
$$= 0{,}39527 - 2$$
$$g_0 \sqrt[r]{g_0} = 0{,}024847$$

$$\log \sqrt[r]{g_n} = \frac{1}{0{,}82} \log 0{,}0172$$
$$= 1{,}22 \cdot (0{,}23553 - 2)$$
$$= 0{,}84735 - 3$$
$$\sqrt[r]{g_n} = 0{,}007036$$

$$\log g_n \sqrt[r]{g_n} = \log 0{,}0172 + \frac{1}{0{,}82} \log 0{,}0172$$
$$= 0{,}23553 - 2 + 1{,}22\,(0{,}23553 - 2)$$
$$= 0{,}23553 + 0{,}28735 - 4{,}44$$
$$= 0{,}08288 - 4$$
$$g_n \sqrt[r]{g_n} = 0{,}000121$$

$$v = \frac{1}{1{,}82} \cdot 24 \cdot \frac{0{,}02487 + 0{,}000121}{0{,}13126 + 0{,}007036} = \frac{24}{1{,}82} \cdot \frac{0{,}024991}{0{,}138296}$$

$$v = \frac{0{,}599784}{0{,}251699} = 2{,}38 \text{ fm}$$

Die bedeutend zu hohe Masse 2,38 fm resultiert aus der Anwendung des hohen, nur für die Mittenregion des Stammes richtigen Formexponenten 0,82 auf den ganzen Stamm.

Drittes Kapitel.

Die Ausführung der stereometrischen Kubierung.

A. Die Längenmessung.

a) Instrumente.

Bei einer jeden stereometrischen Kubierung ist die Kenntnis der Länge des Stammstückes erforderlich. Dieselbe müßte streng genommen genau der Länge der Mittelachse entsprechen, wird jedoch regelmäßig, falls nicht ganz

abnorme Wuchsformen vorliegen, an der Außenseite der Stämme direkt abgemessen, was bei der verschwindend kleinen Differenz beider Größen und in Anbetracht der später zu besprechenden, ohnehin eintretenden Abrundung des Maßes zulässig ist. Als bequemstes Instrument darf hierzu das Meßband empfohlen werden, namentlich wenn es sich um sektionsweises Kubieren handelt.

Das **Meßband** ist ein biegsames, schmales, 5 bis 20 m langes Band aus Hanf, Leinen oder auch Stahlblech, mit einer Vorrichtung zu bequemem Aufrollen versehen. Es ist in Meter und Decimeter, an einem Ende gewöhnlich auch auf eine Strecke in Centimeter geteilt. Solche aus Hanf oder Leinen sind zur besseren Haltbarkeit und Vermeidung von Längenveränderungen bei Feuchtigkeitswechsel mit einem Öl- oder Firnisanstrich versehen, zweckmäßigerweise wohl auch von einem Geflecht von dünnem Messingdraht durchzogen und besitzen den Vorzug geringeren Gewichtes gegenüber den Stahlbändern.

Letztere arbeiten jedoch etwas genauer, und sind, wenn man sie vor scharfen Biegungen behütet, dauerhafter. Sie haben die früher gebräuchlichen Meßketten meistens verdrängt. Für den Transport werden beide Arten von Bändern auf einer Haspel oder auch auf eine in einer Messing- oder Lederkapsel befindliche Rolle aufgewickelt, deren Kurbel in der Regel zum Umlegen eingerichtet ist, so daß sie beim Transport nicht stört.

Die **Meßlatten** (es werden zweckmäßigerweise immer zwei gleichzeitig benutzt) sind 2 bis 5 m lange, gerade Stäbe aus trockenem, harten Holze von rechteckigem Querschnitte, an den Enden zum Schutze vor Bestoßen mit Metallkappen versehen, mit Öl und Firnis durchtränkt, bessere wohl auch noch aus mehreren Leisten zusammengesetzt. Die Teilung ist auf 0,1 m durchgeführt, oft auch noch durch buntfarbigen Anstrich besonders hervorgehoben. Überschießende kürzere Strecken als 0,1 m werden mit einem der gewöhnlichen Maßstäbe abgemessen.

Bei der Anwendung wird die erste Latte auf den Stamm parallel zur Achse mit dem einen Ende genau an das Ende des Stammes gelegt und die zweite sodann vorsichtig an die erste angestoßen. Ist der Baum länger, so wird die erste fortgenommen und wieder an das andere Ende des zweiten angestoßen und so fort.

Kurze Stammenden, Scheite, Prügel ꝛc. werden bequemer mit einem zusammenlegbaren Metermaße (Schmiege) gemessen.

b) Fehler bei der Längenmessung.

α) Die Größe der Fehler.

Auf die eben beschriebene Weise wird nicht die wirkliche Länge l der Stammachse, sondern eine andere, allerdings sehr nahe kommende Größe l' gemessen. Dieser Fehler λ ist aber völlig bedeutungslos.

In beistehender Figur 15 ist, wenn

$$AC = l'; \; BC = l$$

und

$$AD = d_0; \; CE = d_n$$

gesetzt wird,

$$l'^2 - l^2 = AB^2 = \left(\frac{d_0 - d_n}{2}\right)^2$$

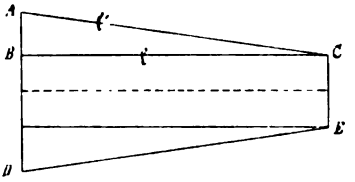


Fig. 15.

oder

$$(l' - l)(l' + l) = \left(\frac{d_0 - d_n}{2}\right)^2$$

Nennen wir den Fehler $l' - l = \lambda$, so ist

$$\lambda = \frac{(d_0 - d_n)^2}{4(l' + l)} = \frac{(d_0 - d_n)^2}{4(l' + l' - \lambda)} = \frac{(d_0 - d_n)^2}{8l' - 4\lambda}$$

Gegenüber den $8l'$ im Nenner kann man aber den sehr geringen Betrag 4λ vernachlässigen, so daß sich ein Fehler ergiebt

$$\lambda = \frac{(d_0 - d_n)^2}{8l'},$$

ein sehr geringer Betrag.

Wäre z. B. $l' = 10$ m, $d_0 = 50$ cm und $d_n = 40$ cm, so ist

$$\lambda = \frac{(50 - 40)^2}{8 \cdot 1000} = \frac{100}{8000} = 0{,}0125 \text{ cm}$$

d. h. die wahre Länge l ist um 0,0125 cm kleiner als l' und zwar ist

$$l = 9{,}999875 \text{ m}.$$

β) Einfluß von Längenfehlern auf den Stamminhalt.

Begeht man bei der Längenmessung einen Fehler λ, wobei λ positiv oder negativ sein kann, so ist der gefundene Stamminhalt

$$v_1 = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d_0^2 (l + \lambda)$$

statt des richtigen

$$v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d_0^2 l$$

und der Fehler φ somit

$$\varphi = v_1 - v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d_0^2 \lambda$$

Derselbe ist also unabhängig von der absoluten Länge des Stammes, einfach proportional der Größe des Fehlers der Längenmessung.

Als prozentischer Ausdruck für denselben ergiebt sich aus

$$\frac{\varphi}{v} = \frac{p}{100}$$

$$p = \frac{100\,\varphi}{v} = 100\,\frac{\frac{1}{r+1}\,\frac{\pi}{4}\,d_0^2\,\lambda}{\frac{1}{r+1}\,\frac{\pi}{4}\,d_0^2\,l}$$

$$p_\varphi = \frac{100\,\lambda}{l}$$

Wäre beispielsweise $l = 10$ m; $\lambda = 15$ cm; $\frac{1}{r+1} = 0{,}5$ und $d_0 = 40$ cm,

so ist

$$\varphi = 0{,}5 \cdot 0{,}785 \cdot 0{,}16 \cdot 0{,}15$$

$$= 0{,}00942 \text{ fm}$$

und

$$p_\varphi = 100 \cdot \frac{0{,}15}{10} = 1{,}5\ \%$$

Will man sich umgekehrt mit der Möglichkeit eines Fehlers von p_φ % der Masse begnügen, so ist, genaue Messung des Durchmessers vorausgesetzt, der zulässige Fehler der Längenmessung

$$\lambda = \frac{p_\varphi\, l}{100}.$$

B. Die Durchmessermessung und Flächenermittelung.

a) Instrumente.

Den Durchmesser eines Baumes kann man nur da durch direktes Anlegen eines Maßstabes an ersteren finden, wo der Baum zerschnitten, die Stirnfläche freigelegt ist. In allen anderen Fällen muß man ihn entweder mit Hilfe besonderer Meßwerkzeuge (Kluppe, Baumzirkel) ermitteln oder aus dem Umfange ableiten.

I. Die Kluppe oder das Gabelmaß.

Im Allgemeinen.

Denkt man sich dort, wo der zu messende Durchmesser eines Kreises die Peripherie des letzteren berührt, zwei Tangenten parallel zu einander angelegt,

so entspricht der an beliebiger Stelle zu messende senkrechte Abstand derselben dem gesuchten Durchmesser. Auf dieser einfachen geometrischen Vorstellung beruht die Konstruktion der Kluppe*), auch häufig Gabelmaß genannt.

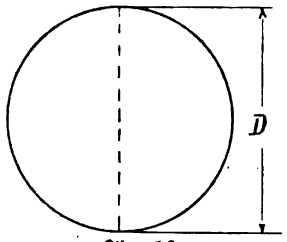


Fig. 16.

Dieselbe besteht im einfachsten Falle aus einem Maßstab M, an dessen einem Ende ein Schenkel A fest und senkrecht zu ihm so befestigt ist, daß seine innere Fläche durch den Nullpunkt der Teilung des Maßstabes M hindurchgeht. Den letzteren umschließt weiter eine verschiebbare Hülse B, welche in einen Schenkel verlängert ist, dessen Innenfläche in jeder Stellung parallel zu der des Schenkels A steht. Klemmt man nun unter leichtem Drucke einen Baum zwischen diese beiden Schenkel ein, so läßt sich an der Teilung des Maßstabes M der gesuchte Durchmesser ablesen. Diese Teilung ist für die Zwecke der Praxis meist in Centimetern, für genauere Arbeiten in Millimetern ausgeführt, für den besonderen Zweck der Bestandsaufnahme wohl auch auf 2 oder mehr Centimeter abgerundet. Als Material dient der Leichtigkeit wegen in der Regel hartes, mit Firnis getränktes Holz, bisweilen Eisen.

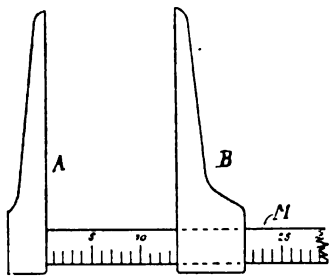


Fig. 17.

Eine brauchbare Kluppe soll folgende Eigenschaften besitzen:

1. Geringes Gewicht bei genügender Festigkeit. Es wird deswegen meist dem Holze vor dem Eisen der Vorzug gegeben, in neuerer Zeit hat man auch Aluminium verwendet.
2. Unveränderlichkeit des Maßstabes und dauernde Parallelität der beiden Schenkel. Das verwendete Material muß also sorgfältig vor Quellen und Schwinden durch ausgiebiges Tränken mit Firnis geschützt sein.
3. Leichte Verschiebbarkeit des beweglichen Schenkels, ohne daß der Parallelismus in Frage gestellt wird. Die Verschiedenheiten der Konstruktionen zur Erreichung dieses Zweckes bedingen in der Hauptsache die Unterschiede der einzelnen Kluppenarten.
4. Einfachheit der ganzen Konstruktion. Jeder Apparat, der im Walde gebraucht und den Händen der Arbeiter anvertraut wird, muß möglichst einfach beschaffen sein. Es haben deswegen auch die sinnreich erdachten, neueren Instrumente die alte einfache Holzkluppe nicht verdrängen können.

*) Nach Kluge, Etymologisches Wörterbuch, stammt das Wort Kluppe von kliuban, kleiben = spalten und ist verwandt mit Kluft, Klammer. Ö. F. 1890. 129.

Anwendung. Bei der Benutzung der Kluppe hat man auf folgendes zu achten. Die Kluppe ist stets senkrecht zur Stammachse anzulegen, der bewegliche Schenkel muß nicht zu fest und stets mit demselben Drucke angedrückt werden, damit keine Fehler durch das Federn, d. h. Verbiegen der Schenkel, entstehen. Aus demselben Grunde empfiehlt es sich, den Maßstab immer möglichst dicht an den Stamm anzulegen. Um individuelle Fehler des Messenden zu vermeiden, soll man mit den Arbeitern ohne Not nicht wechseln. Von Zeit zu Zeit ist eine Prüfung und Regulierung der Kluppe erforderlich.

Die wichtigsten Kluppenkonstruktionen.

Die gewöhnliche Kluppe ist ein so einfaches Instrument, daß alle Konstruktionen derselben in der Hauptsache nur darauf hinauslaufen können, einerseits die Beweglichkeit des verschiebbaren Schenkels zu erleichtern, und andererseits dabei die Parallelität der Schenkel zu sichern. Den ersteren Zweck sucht man zu erreichen durch möglichst exakte Bearbeitung und glatte Politur des Maßstabes sowie durch Verkleinerung der gleitenden Flächen, indem man letzteren Querschnitte wie in Fig. 18 giebt, oder auch das Führungsgehäuse entsprechend ausfräßt.

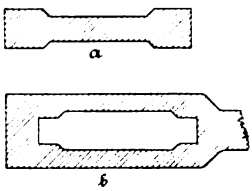


Fig. 18.

Eine besondere Konstruktion ersetzt zu demselben Zwecke die gleitende Reibung durch eine rollende, wieder andere suchen durch besondere Formen des Führungsgehäuses einen leichten Gang zu erzielen. Die gleichzeitige Erfüllung der beiden genannten Aufgaben schließt eigentlich einen Widerspruch in sich. Daher die vielen Versuche zur Lösung.

So sind denn im Laufe der Zeit teils durch Verschiedenheiten konstruktiver Natur, teils durch das Bestreben, von einer Kluppe noch andere Dienste als bloß einzelne Durchmesserangaben zu verlangen, eine außerordentlich große Zahl von Konstruktionen erschienen, die im folgenden, geordnet nach ihren Verwendungszwecken, aufgeführt werden sollen.

A. Einfache Meßkluppen.

a) Kluppen mit einem festen Schenkel.

1. **Ganz einfache Kluppen** aus Holz oder Eisen (Tiroler Kluppen), bei welchen der bewegliche Schenkel mit einer glatten Hülse über den Maßstab gleitet, sind nur wenig im Gebrauch. Die eisernen haben den Nachteil größerer Schwere, was umsomehr zu beachten ist, als die scharfen Kanten des ziemlich dünnen Meßlineals der haltenden Hand unbequem werden. Dafür aber besteht der andere Vorteil, daß die Schenkel ebenfalls sehr dünn gehalten werden

können, so daß man sie leicht unter liegende Stämme schieben kann. Richtig ausgeführt, federn solche eiserne Kluppen auch sehr wenig.

Sie werden u. a. geliefert vom Zeugschmied Karl Braun in Freudenstadt.

Nutzlänge	50	80	100 cm
Preis	9	12	14 M.

2. **Kluppen mit Federn und Schraube.** Einige (meist ältere) Konstruktionen suchen das gleichmäßige Anlegen der Hülsenwände des beweglichen Schenkels an den Maßstab durch eine oder mehrere Federn zu bewirken, welche dieselben gleichmäßig gegen die obere Kante des Maßstabes drücken. Z. B. die von Preßler (Meßknechtspraktikum 371) oder Reißig (Jahrbuch der Forstkunde von Wedekind 1846, S. 1). Eine weitere Verbesserung bestand darin, daß der Druck dieser Federn durch eine Schraube reguliert wurde. Z. B. von Carl Heyer (Anleitung zu forststatischen Untersuchungen, Gießen 1846, S. 56). Besondere Ausführung von Barth in Loffenau bei Neuenbürg im Schwarzwald. Eine neuere Konstruktion mit mehreren Federn und Schrauben stammt von Neuhöfer und Sohn in Wien I. Kohlmarkt, Preis 6—7 fl. (Z. f. d. g. F. 1884, S. 561). Reißig sowohl wie Neuhöfer benutzen einen Maßstab von trapezförmigem Querschnitte.

3. **Kluppen mit Keil und Schraube.** Smalian, der übrigens den Ausdruck „Holzmeßstock" gebraucht, war wohl der Erste, welcher den Zwischenraum zwischen Gehäusewand und Maßstab durch einen verschiebbaren Keil regulieren wollte (Beiträge zur Holzmeßkunst, S. 12). Dr. E. Heyer nahm den Gedanken später auf, indem er in dem unteren Teile des Gehäuses G (Fig. 19) einen Keil K anbrachte, welcher sich vermittels der Schraube S gegen den Maßstab M pressen läßt und so der Hülse G eine sichere Führung verleiht (A. F. u. J. Z. 1861, S. 81). Zu dem Zwecke mußte der rechteckige Querschnitt des Maßstabes durch einen sechseckigen ersetzt werden. In verbesserter Form ist diese Idee angewendet bei der Konstruktion Gustav Heyer-Staudinger, die als eine der besten hier nähere Beschreibung finden möge.

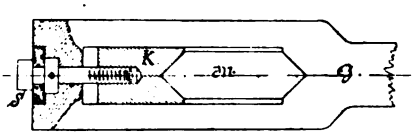


Fig. 19.

Kluppe nach Heyer-Staudinger. Der Maßstab, an dessen einem Ende der feste Schenkel unbeweglich befestigt ist, ist aus festem Birnbaumholz gefertigt und hat im Querschnitt die Form eines Paralleltrapezes von etwa 4,6 und 3,2 cm Seitenlänge und 1,2 cm Höhe. Die Teilung befindet sich auf der schmäleren der beiden parallelen Seitenflächen. Der bewegliche Schenkel ist an seinem unteren Ende zu einem starken Hülsengehäuse verbreitert. Die Ausfräßung desselben, vermittels welcher es über den Maßstab M (Fig. 20) hinweggeschoben werden kann, ist jedoch wesentlich weiter,

als der Querschnitt des letzteren und läßt auf der unteren Seite noch einen Raum von etwa 1,5 cm Höhe frei. Hier befindet sich parallel zum Maßstab ein Messingprisma K von der Länge der Hülse, welches den hohlen Raum ebenfalls nicht ganz ausfüllt und infolgedessen durch eine im Lager L eingelassene Schraube S gegen die Hülsenwände vor und zurück bewegt werden kann. Um beim Lösen Leergänge dieser Schraube zu vermeiden, befinden sich rechts und links von derselben zwei kräftige Federn f, welche das Prisma gegen die gegenüberliegende Hülsenwand drücken. Das Prisma selbst liegt mit seiner oberen schrägen Fläche an der schrägen Seite des Maßstabes an, drückt diesen an die obere Seite und die eine Seitenwand der Hülse, so daß die schmale Seitenfläche des Maßstabes gar nicht mit der Hülse in Berührung kommt. Hierdurch, sowie durch eine weitere Verminderung der reibenden Flächen vermöge einer Ausfräßung bei r wird ein äußerst leichter Gang des Schenkels erzielt, der durch Anziehen oder Lösen der Schraube S fein reguliert werden kann.

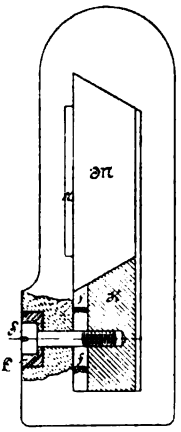


Fig. 20.

Diese sehr zu empfehlende Konstruktion wird von Staudinger & Co. in Gießen geliefert

Länge	50	60	80	100	cm
Preis	8,75	9	10	12	M

mit Millimeterteilung etwas teurer.

In neuester Zeit hat die Firma ihre Kluppe auch in Aluminium ausgeführt (A. F. u. J. Z. 1895, S. 257). Als Vorzüge werden gerühmt: Geringes Gewicht (750 g), bequeme Handhabung, Unveränderlichkeit bei Nässe, keine Rostbildung, deutliches Ablesen; als Nachteile: Weichheit des Metalls, insbesondere leichtes Abschleifen der Führung durch hineingekommenen Sand.

4. Führung durch ein verstellbares Paralleltrapez.

Bei der von Forstmeister Haumann angegebenen Kluppenkonstruktion (Baur, Holzmeßkunde, 4. Aufl., S. 31) erfolgt die Führung des beweglichen Schenkels durch ein System von Holzleisten in paralleltrapezförmiger Anordnung. In die Hülse G (Fig. 21) des beweglichen Schenkels ist eine Holzleiste I fest eingelassen, welche die Führung an der unteren Linealkante bewirkt. Diese Leiste trägt zwei weitere Holzleisten III und IV, drehbar um die Punkte a und b, welche parallel zu einander an ihrem oberen Ende, drehbar um die Punkte c und d, an einer vierten Leiste II befestigt sind. Diese letztere bewegt sich in einer Aus-

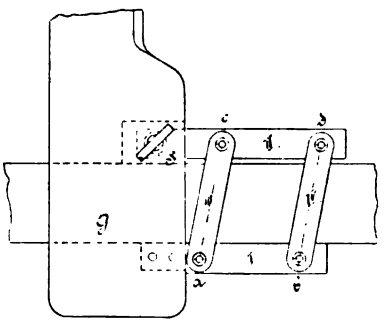


Fig. 21.

sparung der Hülse G und kann dort durch die Schraube S in beliebiger Stellung festgehalten werden. Je weiter man sie aus G herauszieht, desto enger wird der Zwischenraum zwischen I und II und desto genauer die Führung des Kluppenschenkels. Die Anordnung ist äußerst einfach, es fragt sich nur, ob sie auch für die Dauer haltbar ist. Jedenfalls hat die Schraube S sehr viel auszuhalten. Der Maßstab der Haumannschen Kluppe, auch Revolverkluppe genannt, hat übrigens noch eine besondere Vorrichtung zum Ablesen des Stamminhalts, auf die später zurückzukommen sein wird.

5. Führung durch Rollen.

Kluppe von Schulze (Baur, Holzmeßkunde, 4. Aufl., S. 15). Bei dieser ist die Führungshülse oben mit einer Verlängerung aus Metall versehen, welche zwei leicht bewegliche Rollen trägt, an denen die obere Linealkante gleitet. Eine dritte Rolle befindet sich im unteren Teile der Hülse und wird durch eine kräftige Feder gegen das Lineal angedrückt.

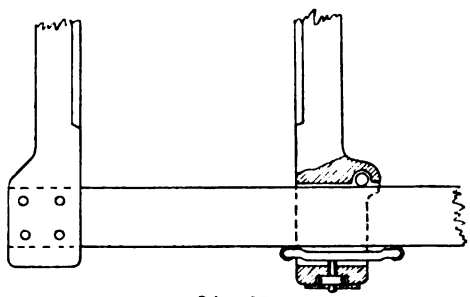


Fig. 22.

Eine andere Ausführung hat dieser Idee der Schreinermeister W. Barth in Loffenau i. W. nach Oberforstrat Schubergs Anregung gegeben (Fig. 22), bei welcher die gegenseitige Entfernung und der Druck der Rollen durch eine Schraube reguliert werden kann. Gewicht 1,4 kg. Preis 11 Mk.

Diese letzteren Kluppen haben sich sehr bewährt und werden im badischen Versuchswesen fast ausschließlich benutzt.

6. Forstmeister **Hartwich-Kogl** läßt den beweglichen Schenkel zwischen dem Maßstab und einer zu diesem parallelen Leiste gleiten (Ö. F. 94, S. 99), während G. Hempel bei einer zu Zuwachsuntersuchungen in den oberen Stammpartien bestimmten Kluppe dem Lineal einen cylindrischen Querschnitt mit einem Führungsschlitz giebt. (Mitt. aus d. forstl. Vers.-Wes. Österreichs, II. Bd. 1881, S. 257.)

Ausführung von Gebr. Fromme, Wien III, Hainburgerstraße. 4,50 bis 5,50 Gulden.

7. Führung nach Aldenbrück.

a) In denkbar einfachster und sicherster Weise löste bereits 1864 der Kgl. preuß. Oberförster Aldenbrück die Aufgabe der Vertikalstellung und leichten Beweglichkeit des Gleitschenkels dadurch, daß er dem Ausschnitte des letzteren eine größere Höhe, als die des Lineals und eine aus der Fig. 23 erhellende, schräge Stellung zu letzterem gab. Hierdurch kann sich der bewegliche Schenkel beim Zurückführen in eine geneigte Lage zum Maßstab begeben (II) und gleitet infolge des weiten Ausschnitts der Hülse äußerst leicht.

Klemmt man umgekehrt einen Stamm zwischen die Schenkel, so geht der bewegliche beim Vorwärtsgleiten wieder in die senkrechte Stellung I über, sobald er an seinem oberen Ende den Stamm berührt, bis die vordere Unterkante a und die hintere Oberkante b des Ausschnitts sich fest an das Lineal anstemmen. Der Ausschnitt muß sehr genau gearbeitet sein, damit die senkrechte Stellung gerade in diesem Moment erreicht wird. Starkes Quellen, Staub und Schnee vermögen den leichten Gang nicht zu beeinträchtigen, der durch Aussparungen in der Mitte der Linealfläche auf beiden Seiten weiter noch befördert wird. Ein Federn ist ausgeschlossen (Monatsschr. f. F. u. J. W. 1864, S. 174).

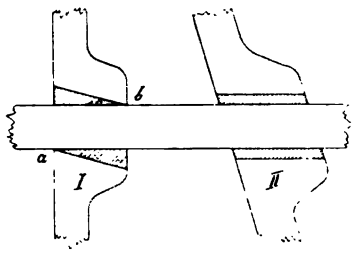


Fig. 23.

Bekannt wurde diese Konstruktion eigentlich weiteren Kreisen erst durch die Beschreibung von dem damaligen Forstingenieur Jos. Friedrich im Z. f. d. g. F. 1876, S. 293. Daher auch die häufig angewendete Bezeichnung Aldenbrück-Friedrichsche Kluppe.

Preis bei Gebr. Fromme, Wien. 4—5 fl.

β) Modifikation von E. Böhmerle (F. Zbl. 1888, S. 489. M. Schl. 1888, 2. Heft). Ein bei häufigem Gebrauche sich herausstellender Übelstand der vorgenannten Konstruktion ist die Abnutzung der Kanten a und b und damit ein Schrägstellen des Schenkels. Bis zu gewissem Grade kann man dies durch Einsetzen harter Holzklötzchen von Buchsbaum ꝛc. bei a und b und durch Ersatz der scharfen Führungskanten durch kurze Flächen, wie sie sich durch die Abnutzung von allein herstellen, vermeiden. In besserer Weise aber korrigierte diesen Fehler der damalige k. k. Forstverwalter E. Böhmerle im Jahre 1888 in Ausführung einer bereits von Aldenbrück 1864 gegebenen Idee, in dem er im oberen Teile des Führungskastens (Fig. 24) eine Feder f anbrachte, welche, durch eine Schraube S regulierbar, jederzeit die senkrechte Stellung des Schenkels herzustellen gestattet.

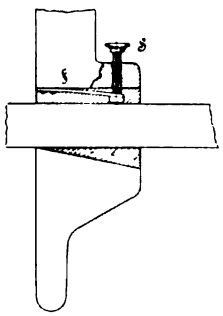


Fig. 24.

Bezugsquelle: Neuhöfer und Sohn, Wien I, Kohlmarkt 8, Preis 6 fl. oder Gebrüder Fromme, Wien III, Hainburger Straße 21.

Länge	70	90	110 cm
Preis	4,7	5,3	5,7 fl.

γ) Ottensche Kluppe (Ö. F. 1890, S. 223).

Forstmeister R. Otten in Senftenberg verwendete den Aldenbrückschen Gedanken, indem er die Führung des beweglichen Schenkels durch einen

seitlich angebrachten Metallrahmen r (Fig. 25) bewirkt. Dadurch, daß letzterer bei vertikal stehendem Schenkel um 45 Grad gegen denselben geneigt ist, gestattet er die vollständige Umlegung des Schenkels bis an den Maßstab. Da auch der feste Arm um die Axe a umlegbar ist, so ist die Kluppe sehr bequem zu transportieren. Eine Schraube c gestattet die Regulierung des festen Schenkels, ein Stift S das Feststellen, während die Messinghandhaben m ein bequemes Halten ermöglichen. Gewicht 1,2 kg. Preis 4 fl.

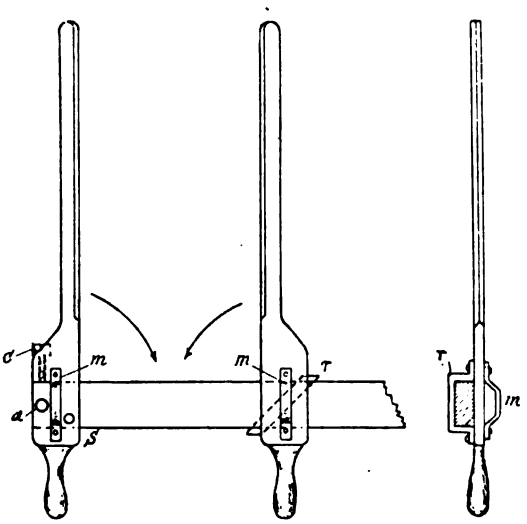


Fig. 25.

b) Kluppen mit zwei festen Schenkeln.

Die sämtlichen nach dieser Anordnung ausgeführten Kluppenkonstruktionen stimmen im wesentlichen vollständig überein. Sie bestehen aus zwei gleichlangen Maßstäben a und b (Fig. 26), welche, vermittelst einer Nut in dem einen und einer entsprechend geformten Falzleiste am anderen verbunden, sich gegeneinander verschieben lassen. An den entgegengesetzten Enden derselben befinden sich die beiden senkrecht stehenden Schenkel, entweder fest angebracht oder zum Umlegen eingerichtet, jedenfalls aber am Maßstab nicht verschiebbar. Unterschiede bietet nur die Form des Falzes.

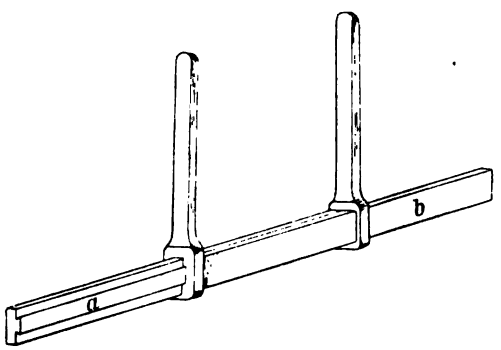


Fig. 26.

Bei der Konstruktion von Püschel (Fig. 27 a) (A. F. u. J.-Z. 1858, Heft 11) war derselbe rechteckig, die beiden Maßstäbe mußten daher noch durch besondere Messingzwingen zusammengehalten werden; die Schenkel waren außerdem umlegbar für den Transport. Die ebenfalls 1858 konstruierte Friedrichsche Kluppe (Baur, Holzmeßk., S. 17) hat einen schwalbenschwanzförmigen Falz und feste Schenkel (Fig. 27 b). Die Modifikation derselben von R. Micklitz

(F. u. J.-Kalender f. Österreich 1869, S. 68) aus Metall besitzt umlegbare Arme und besondere Handhaben, die vom Preuß. Oberförster Stahl (1863) ist außerdem mit einer Noniusvorrichtung für genaue Messungen versehen.

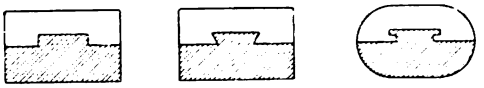


Fig. 27.

Eine T förmige Verbindung hielten dagegen für nötig Handloß (Z. f. d. g. F. 1875, S. 198), der überdies für die Maßstäbe einen elliptischen Querschnitt wählte, und Wagner (Z. f. d. g. F. 1876, S. 89, sog. Schemnitzer Kluppe) (Fig. 27c).

Eigenartig ist bei sämtlichen derartigen Kluppen die Teilung. Sie beginnt an der Innenfläche des Schenkels an dem obenauf befindlichen Maßstab. Bei Bäumen, deren Durchmesser innerhalb der Länge desselben liegt, erfolgt die Ablesung wie bei den gewöhnlichen Kluppen dort, wo die Verlängerung der Innenfläche des anderen Schenkels die Maßeinteilung schneidet. Für Stämme von größerem Durchmesser erfolgt die Ablesung auf dem unteren Maßstabe. Derselbe trägt zu diesem Zwecke auf der Falzseite eine Teilung, welche am anderen Schenkel beginnt, also in umgekehrter Richtung, wie die erste beziffert sein muß. Die Ablesung erfolgt auf ihr dort, wo sich das Ende des oberen Maßstabes befindet.

Auf diese Weise ist es möglich, das Instrument auf die Hälfte der vorkommenden stärksten Durchmesser zu verkürzen, was beim Transport sehr angenehm ist. Der volle Gewinn hiervon tritt aber erst dann ein, wenn die Schenkel, welche übrigens die Länge eines Maßstabes besitzen müssen, zum Umlegen eingerichtet sind. (Eine derartige Kluppe von Eisen fertigen z. B. Gebr. Fromme nach Friedrichs Angaben für 17 Mark.) Ist dies nicht der Fall, so bietet das ungefähr Uförmige Instrument beim Transport größere Unbequemlichkeiten, als die gewöhnlichen Kluppen. Als weitere Vorzüge sind zu nennen: Geringes Gewicht, Einfachheit, daher auch billiger Preis, etwa 7 bis 8 Mark für einfache Holzinstrumente.

Dem stehen aber ganz entschiedene Nachteile gegenüber. Abgesehen davon, daß die Stabilität der Schenkel nicht über allen Zweifel erhaben ist, tritt bei feuchtem Wetter sehr leicht ein Quellen der Leiste und dann schwerer Gang ein. Das Bedenklichste aber ist, daß man liegende Bäume von geringem Durchmesser wegen der hervorstehenden Maßstabenden nicht ohne Weiterungen übers Kreuz messen kann.

c) Scherenkluppen.

Wenn sich zwei gleichlange Linien um einen gemeinschaftlichen, genau in ihrer Mitte befindlichen Drehungspunkt drehen, so bilden die Verbindungslinien ihrer Enden in allen Lagen ein dem Kreise einbeschriebenes Parallelogramm, und die gegenüberliegenden Verbindungslinien sind also parallel.

Denkt man sich weiter hierzu eine Vorrichtung, etwa einen einfachen Maßstab, welcher die Entfernung dieser Parallelen zu messen gestattet, so hat man das Prinzip der Scherenkluppen.

Wolf in Montebaur war der erste, welcher eine ähnliche Kluppe beschrieb (A. F. u. J.-Z. 1850, S. 220).

Bekannter wurde der Gedanke erst durch den dänischen Forsttaxator Ch. Lütken (Z. f. F. u. J. 1878, S. 467). Fig. 28.

Zwei Führungsarme a und b, drehbar um die Achse A, tragen an dem einen Ende je eine Führungshülse H, durch welche die Meßschenkel c und d hindurchgehen. An den Punkten O und P sind letztere mit den Führungsarmen durch einen Stift verbunden, von denen der eine bei O außerdem noch das Meßlineal M trägt, welches bei P durch eine Zwinge gehalten wird.

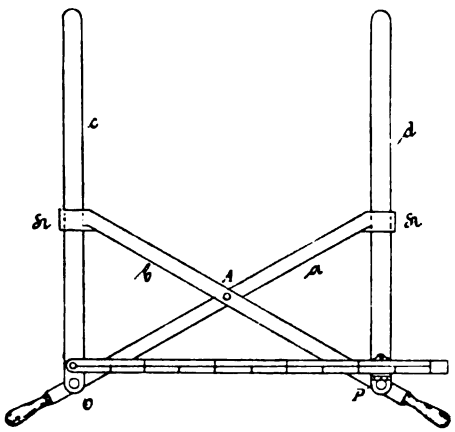


Fig. 28.

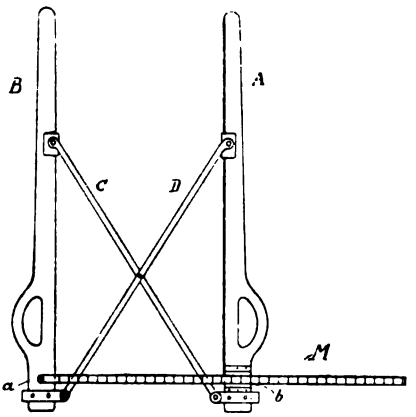


Fig. 29.

Durch Drehung der Arme a und b werden die beiden Meßschenkel gegeneinander bewegt, ihre Entfernung wird am Maßstab M an der inneren Kante von d abgelesen. Diese Kluppe leidet an dem großen Fehler der Vorderwichtigkeit, was das Arbeiten mit ihr, abgesehen von dem zum Bewegen der Schenkel nötigen nicht geringen Kraftaufwand, sehr ermüdend macht.

Bezugsquelle: Dominikus u. Söhne, Remscheid, Preis 11 Mark.

Verfeinert und verbessert wurde die Lütkensche Kluppe durch den k. k. Forstingenieur J. Heidler, nachdem bereits Prof. Wiehl 1882 einen Versuch dazu gemacht hatte (Z. f. d. g. F. 1891, S. 164).

Bei der Heidlerschen Präzisionskluppe, welche eine ganze Litteratur hervorgerufen hat (Z. f. d. g. F. 1889, S. 6; Ö. F. 1889, Nr. 33. 40. 45; Vierteljahrsschrift des Österr. Forst-Vereins 1889, S. 250), bestehen die beiden etwa 80 cm langen Meßschenkel A und B aus feinpoliertem Hartholze und sind, wie Fig. 29 schematisch zeigt, an ihrem unteren Ende ver-

breitert und zum bequemen Festhalten mit einer handbreiten Aussparung versehen. Hierdurch wird der Schwerpunkt ein wenig nach dem Messenden zu verschoben. Beide Schenkel sind an ihrer Innenseite mit einer Messingleitschiene versehen, an welcher die beiden eisernen Dreharme C und D leicht gleiten. Der linke Meßschenkel B trägt außerdem an der Unterseite eine empirische Teilung, an welcher ein (in der Zeichnung nicht sichtbarer) Zeiger, der an dem entsprechenden Dreharm C befestigt ist, den Durchmesser angiebt. Bequemer für das Auge ist jedoch die Benutzung des umlegbaren Maßstabes M, der um den Punkt a drehbar, beim Nichtgebrauch am Schenkel B anliegt, beim Gebrauche aber bei b zwischen zwei Messingbacken von einer Feder festgehalten wird. Da er in mm geteilt und bei b noch eine Noniusvorrichtung vorhanden ist, so sind sehr feine Ablesungen möglich.

Störend wirkt auch bei dieser Ausführung die Vorderwichtigkeit des $1^{3}/_{4}$ kg schweren Instruments, außerdem dürfte der sehr dünne und zerbrechliche Maßstab M beim praktischen Gebrauche leicht einmal Beschädigungen erleiden. Die Schenkel federn schon bei schwachem Drucke und außerdem, je nach der Weite der Öffnung, verschieden.

Die Kluppe liefert Neuhöfer und Sohn in Wien zum Preise von 16 Gulden für eine Nutzlänge bis 70 cm.

Kluppenstock.

Der Wunsch, ein Instrument zum Messen der Durchmesser stets bei sich zu haben, hat zur Konstruktion der sogenannten Stockkluppen geführt. Dieselben geben entweder den Typus der gewöhnlichen Schiebekluppen wieder oder sind auf dem Prinzip der später zu besprechenden Winkelspanne basiert. Die letzteren sind im Allgemeinen wegen der größeren Stabilität und Einfachheit vorzuziehen.

Der Kluppenstock von Bernhard Gruber in Nürnberg (Beschreibung in Baurs Holzmeßkunde, S. 15) besteht aus einem etwa 75 cm langen Spazierstocke von rechteckigem Querschnitte mit umgebogenem Griffe. Dieser letztere dient als Stütze für den festen Schenkel, welcher seitwärts am Stocke, um einen Stift drehbar, befestigt ist und in der Ruhelage längs des Stockes anliegt. Der bewegliche Schenkel ist an einer Messinghülse befestigt, durch eine Strebe an dieser rechtwinklig festgehalten und mit der Hülse am Stock verschiebbar. Werden beide Schenkel parallel zum Stocke umgelegt, so kann dieser bequem als Spazierstock benutzt werden.

Ganz ähnlich ist der Kluppenstock von Dagonski konstruiert (Z. f. d. g. F.-W. 1891, S. 168), ähnlich der von W. Göhlers Wwe. in Freiberg fabrizierte (Preis 8 Mark), sowie auch der von Andreas Sedlmayer,

München, Unteranger 20. (Fig. 30) (Preis 8 bis 9 Mk. bei 65 cm Nutzlänge.) Bei einer anderen in der hiesigen Sammlung befindlichen Form, Verfertiger mir unbekannt, liegen die beiden Schenkel in der Ruhelage verborgen in einer Nut im Stocke, welche gleichzeitig auch als Führung für den beweglichen Schenkel dient.

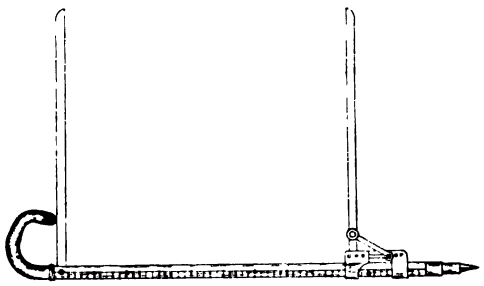


Fig. 30.

Die Beschreibung der nach Art der Winkelspanne eingerichteten Kluppenstöcke wolle an späterer Stelle nachgesehen werden.

Im Allgemeinen wird die Anwendung der Stockkluppen nur eine beschränkte bleiben, weil größere Aufnahmen doch besser mit einer ordentlichen Kluppe ausgeführt werden und für gelegentliche Einzelmessungen das noch zu beschreibende Durchmessermeßband dieselben Dienste leistet, dabei aber noch viel bequemer in der Tasche mitgeführt werden kann.

B. Meß- und Registrierkluppen.

Alle bisher besprochenen Kluppen setzen, sofern es sich um die Messung einer größeren Anzahl von Stämmen handelt, zwei thätige Personen voraus, einen Kluppenführer und einen Anschreiber. Hierbei entstehen durch falsches Ablesen, falsches Hören oder Niederschreiben häufig Fehler. Diese Fehler zu vermeiden soll die Bestimmung der „registrierenden Kluppen" sein, welche die gemessenen Maße dauerhaft aufzeichnen. Dieselben unterscheiden sich von allen vorher beschriebenen Kluppen nur durch das Vorhandensein eines besonderen Registrierapparats.

Schon Wolf wollte 1850 die gemessenen Durchmesser mit einfachen Bleistiftstrichen auf einem längs des Maßstabes der Kluppe gespannten Papierstreifen aufzeichnen (A. F. u. J.-Z. 1850, S. 220). In eine brauchbare Form wurde dieser Gedanke erst gebracht durch Forstmeister H. Reuß im Jahre 1882.

1. Baummeßkluppe mit Registrierapparat und Zählwerk von H. Reuß jun.*)

Diese besteht aus einer gewöhnlichen Holzkluppe, die sich von der Heyer-Staudingerschen nur durch eine 4 cm breite, zur Aufnahme eines Papierstreifens dienende Vertiefung auf dem Lineal unterscheidet und außerdem auf dem beweglichen Schenkel noch die Registriereinrichtung trägt. Letztere ist in der Weise gedacht, daß jedesmal nach Messung eines Stammes, während

*) Reuß jun. Die Baummeßkluppe mit Registrierapparat ꝛc. Prag 1882, bei Rivnac. Forstliche Blätter von Gruner-Borggreve 1883, S, 120. Z. f. F. u. J. 1885, S. 206.

die Kluppe noch an diesem anliegt, durch den Druck auf einen oberseits befindlichen Knopf K ein Pikierstift ein Loch in einen Papierstreifen sticht, welcher in der erwähnten Vertiefung am Lineal mittels zweier Klemmen Z_1 und Z_2 aufgespannt ist. Die Entfernungen dieser Stiche von dem einen Ende des Papierstreifens geben dann die Durchmesser der gemessenen Bäume an. Damit es nun bei Messungen zahlreicher Stämme nicht so leicht vorkommen kann, daß der Pikierstift in ein bereits vorhandenes Loch sticht, wodurch bei dem späteren Auszählen immer ein Stamm übersehen werden würde, kann der Stift vermittels einer Schraube S quer über den Papierstreifen verschoben werden, sodaß mehrere Punktreihen nebeneinander entstehen. Der genannte Druckknopf setzt aber weiter beim jedesmaligen Herabdrücken eine Welle in Bewegung, welche ihre Drehung auf eine kleine mit ihr verbundene Trommel, bezw. auf ein weiteres

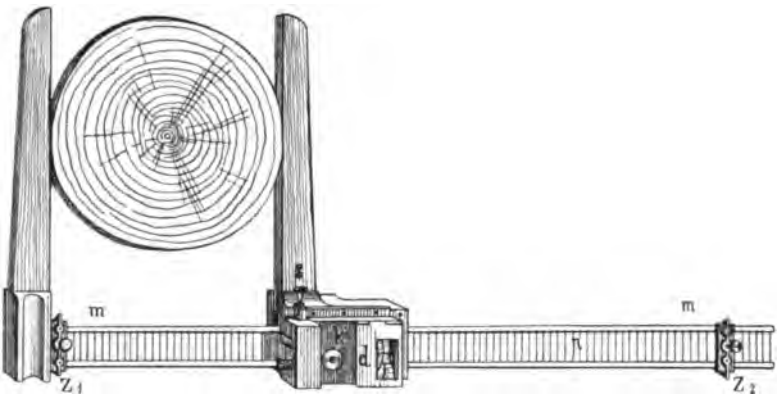


Fig. 31.

Zählrad überträgt und so jederzeit die Zahl der Messungen auf der Teilung derselben abzulesen gestattet. Auf diese Weise findet eine sichere Kontrolle der Pikierungen bezw. eine Zählung der Stämme statt. Auf eine spezielle Beschreibung des Mechanismus sei Verzicht geleistet. Der Papierstreifen wird zweckmäßigerweise vor dem Gebrauch mit einer Centimeterteilung versehen, welche natürlich mit der Teilung des Kluppenlineals in Übereinstimmung gebracht werden muß, ebenso wie vor Beginn des Kluppens der Zählapparat am besten auf Null gestellt wird. Die ganze Einrichtung ist durch ein Blechkästchen vor Staub und Nässe geschützt.

Beim Gebrauche wird nach jedesmaligem Einklemmen des Stammes der Knopf niedergedrückt, bis die Sperrfeder des Zählrades hörbar einschnappt und dann der Druck aufgehoben, bevor der bewegliche Schenkel nach rückwärts bewegt wird. Beim Versäumen dieser Vorschrift würde sonst der Pikierstift den Papierstreifen zerreißen.

Bezugsquelle: E. Kraft und Sohn, Wien, Wieden, Theresianumgasse. Preis 55 Mark bei 80 cm nutzbarer Länge. 100 Papierstreifen, geteilt 8,50 Mark.

Vorteile: Ersparung eines Arbeiters, rascheres Arbeiten, weil keine Ablesung nötig. Ablese-, Hör- und Schreibfehler vermieden.

Nachteile: Leichtes Zerreißen des Papierstreifens, Arbeiten bei nassem Wetter unmöglich, keine Unterscheidung der Holzarten bei gemischten Beständen, ebensowenig nach Höhenklassen möglich, Vermehrung der häuslichen Arbeiten durch das mühsame und augenanstrengende Auszählen der Stiche; Doppelpikierungen, die sich auch durch Verschieben des Stiftes nach 20 bis 30 Messungen nicht ganz vermeiden lassen. Nach der eigenen Angabe von Reuß in seiner Broschüre differierten die Pikierungen mit dem Zählwerk bei 500 Stämmen um 1 Stamm, bei 1200 um 19, bei 1600 um 10 Stämme, die man dann entweder auf die einzelnen Durchmesserstufen gutachtlich verteilen oder als arithmetische Mittelstämme hinzufügen muß. Auch der Preis des Instruments ist seiner Verbreitung hinderlich.

2. Jachnoffsche Registrierkluppe.

Ganz ähnlich gedacht, nur durch Weglassen des Zählwerks vereinfacht ist die Registrierkluppe des russischen Ingenieurs Jachnoff, welche derselbe im Jahre 1884 beschrieb. Dieselbe hat jedoch die Aldenbrücksche Führung mit Böhmerles Reguliervorrichtung, sowie zwei Pikierstifte, die ebenfalls durch eine Schraube quer zum Lineal verschoben werden können. Dagegen fehlt ein Zählwerk.

(Revue des eaux et forêts 1888, S. 280.) Beziehbar von dem comité de la Société forestière in Moskau, Musée polytechnique. Preis 12 Rub. 50 Kop.

3. Druckregistrierkluppe von H. Eck, Revierverwalter in Gera. (Ö. F. 1886, Nr. 27. Z. f. F. u. J. 1888, S. 154.)

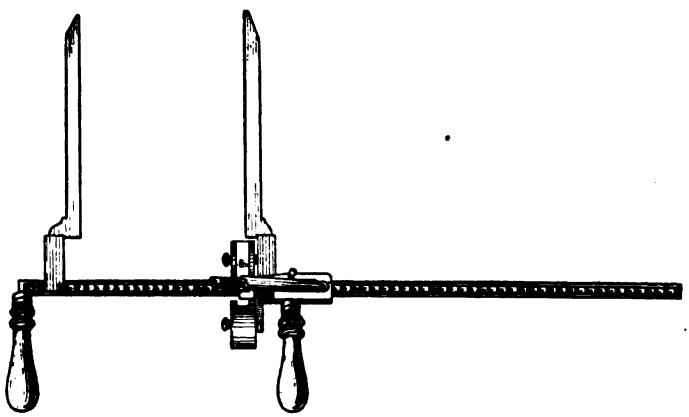


Fig. 32.

Die Eckſche Kluppe, ganz aus Metall bestehend, druckt die gemessenen Durchmesser auf einen ca. 1,5 cm breiten Papierstreifen ab. Zu dem Zwecke ist das Meßlineal an Stelle der Teilstriche mit erhabenen Ziffertypen aus

Metall oder Gummi versehen, welche durch eine am beweglichen Schenkel sitzende Farbwalze beim Verschieben desselben mit Farbe versehen werden. Der bewegliche Schenkel trägt weiterhin zwei Rollen aus Messing, welche den erwähnten Papierstreifen aufnehmen, sodaß er durch die Drehung der einen Rolle von der anderen ab- und auf die bewegte Rolle aufgewickelt werden kann. Hierbei bewegt er sich senkrecht über die Typen des Meßlineals und kann mittels einer Druckfeder auf die gerade darunter befindliche Type niedergedrückt werden, wodurch der Abdruck der entsprechenden Centimeterzahl erfolgt. Gleichzeitig macht ein spitzer Pikierstift eine Marke in das Papierband. Dreht man den Papierstreifen ein Stück weiter, so kann ein neuer Abdruck erfolgen und so fort.

Zu beziehen vom Erfinder in Gera.

Länge	50 cm	75 cm	100 cm
Gewicht	1,25 kg	1,60 kg	1,85 kg
Preis	43 Mk.	46 Mk.	48 Mk.

Vorzüge: Sehr zuverlässige Angaben, unabhängig von der Aufmerksamkeit des Arbeiters, Deutlichkeit der Markierung, bequeme Hausarbeit.

Nachteile: Ungünstige Lage des Schwerpunkts, Vorderwichtigkeit. Unbequeme Lage des Druckknopfes (oben auf!), was bei Messungen in Brusthöhe sehr störend wirkt. Nicht selbstthätiges Weiterrücken des Papierbandes. Die aufgedruckte Zahl ist nur beim Umwenden der Kluppe sichtbar, daher unbequeme Kontrolle des Druckens.

4. Die selbstregistrierende Typenkluppe von J. V. Bodenstein, Gräfl. Centralgüterdirektor in Ronsperg bei Tous, Böhmen (Ö. F. 1892, S. 105), bereits 1884 entworfen, zeigt in ihrer neuesten Form folgende Beschaffenheit. Sie will die Nachteile der Eckschen Kluppe, das nicht automatische Vorrücken des Papierstreifens, die Unsichtbarkeit der aufgedruckten Zahl und der Maßstabteilung, sowie die unbequeme Lage des Druckknopfes vermeiden. Zu dem Zwecke trägt das hölzerne paralleltrapezförmige Meßlineal auf der oberen Seite in einer vertieften Rinne die gewöhnliche Centimetereinteilung, am Schlusse derselben noch die Buchstaben F T K ꝛc. zur Unterscheidung der Holzarten, auf der unteren Seite an entsprechender Stelle korrespondierende Metalltypen.

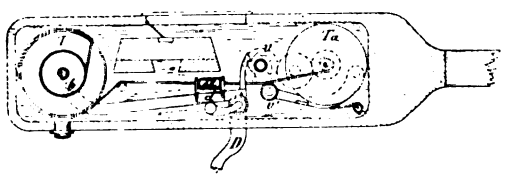


Fig. 33.

Der Druckapparat befindet sich in der Hülse des verschiebbaren Schenkels auf einer Messingplatte montiert. Derselbe besteht aus einer Trommel T, welche einen 10 bis 12 m langen Streifen von sogen. Telegraphenpapier aufnimmt. Dieses Band wird von der Trommel neben einem Abfärbeband a und über einen Druckstempel d hinweg, an den Typen vorbei zu zwei Vor-

schubwalzen v und v' und von da in die Aufwickeltrommel Ta geleitet. Der Druckstempel d sitzt auf einem um b drehbaren Hebel und drückt, wenn man den Drücker D anzieht, den Papierstreifen gegen die gerade über ihm befindliche Type. Beim Nachlassen des Druckes zieht eine Feder den Hebel D in seine ursprüngliche Lage zurück, wobei ein an D angebrachter Arm die Vorschubwalze v und durch eine Zahnradübertragung auch die Trommel Ta in Bewegung setzt und den Papierstreifen so ein Stück vorwärts bewegt, worauf dann ein neuer Druck erfolgen kann. Durch einen Ausschnitt im oberen Teile der Schenkelhülse kann sowohl die Centimetereinteilung als auch der erfolgte Druck auf dem Papierstreifen beobachtet werden. Die Färbung der Typen erfolgt durch ein Färbeband, dessen Einrichtung nicht näher beschrieben werde. Papierstreifen und Färbeband reichen für 2000 Messungen. Durch die am Ende des Lineals befindlichen Buchstabentypen lassen sich die Holzarten und Sortimente unterscheiden, ebenso kann man auch Stammnummern drucken.

Es arbeitet sich offenbar mit der leichten Kluppe (Gewicht 1 kg) sehr gut, insbesondere ist die Fingerbewegung beim Drucken, ähnlich der Abzugsbewegung beim Schießen, sehr bequem. Angaben über Haltbarkeit bei dauerndem Gebrauche liegen zur Zeit nur wenige vor, doch ist der Mechanismus an sich verhältnismäßig einfach und verspricht Haltbarkeit. Preis 45 fl. ö. W.

5. Die Busesche Registrierkluppe des Revierförsters Buse in Schmarzbeck, Kreis Celle, ist vorzugsweise für Bestandsaufnahmen bestimmt und sei daher hier nur anhangsweise erwähnt. Sie enthält im Maßstablineal für jeden zu messenden Durchmesser ein besonderes Zählwerk, welches durch das bloße Andrücken der Meßschenkel an den Baum, also ganz automatisch in Thätigkeit gesetzt wird. Zur Vereinfachung des Mechanismus macht sich eine Abstufung und Abrundung der Durchmesser auf Durchmesserstufen von etwa 2 bis 5 cm notwendig. (A. F. F. u. J.-Z 1897, S. 412 und F. Zbl. 1897, S. 422.)

Zu beziehen von Staudinger-Gießen. Preis 150 Mk. bei 80 cm nutzbarer Länge.

C. Kubierungskluppen.

Das Bestreben nach weiterer Vereinfachung der Arbeit führte zur Konstruktion von Kluppen, welche nicht nur den Durchmesser, sondern gleichzeitig auch den Inhalt eines Stammes abzulesen, ja bei einer Konstruktion sogar zu registrieren gestatten. Da aber der Bauminhalt nicht nur eine Funktion des Durchmessers ist, sondern auch von der Länge abhängt, so müssen alle derartigen Instrumente an dem Fehler leiden, nur für bestimmte Baumlängen anwendbar zu sein.

1. Württembergische Kubierungskluppe vom Forstmeister Waldraff in Neuenbürg (1863 von der Württembergischen Forstdirektion für Nadelholzreviere eingeführt, daher der Name).

Dieselbe ist eine gewöhnliche Kluppe Barthscher Konstruktion mit circa

10 cm breitem Meßlineal, das an den schmalen Seiten mit einer Messingblechkante versehen ist, deren untere die Centimeterteilung trägt. Die breiten Seiten desselben enthalten eine Kubiktafel für Mittenmessung in der Weise, daß für die Stammlängen von 2, 3, 4, 5, 6 u. s. f. bis 24 m und für die verschiedenen Durchmesser von 1 bis 100 cm die Kubikgehalte an den diesen Durchmessern entsprechenden Stellen aufgedruckt sind. Ein über diesen Reihen am beweglichen Schenkel beiderseitig angebrachter Messingstreifen trägt die Ziffern der entsprechenden Längen.

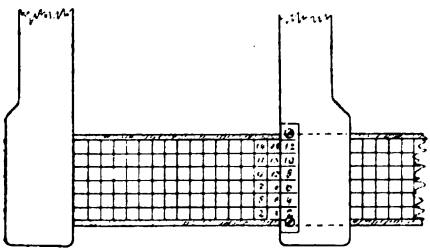


Fig. 34.

Beim Gebrauche liest man dann einfach in der, der vorhandenen Stammlänge zugehörigen Reihe den Massengehalt ab.

Bezugsquelle: Barth in Loffenau bei Neuenbürg i. W. Preis 20 Mark.

2. Revolverkluppe von Haumann.

Diese Kluppe, deren eigenartige Führung bereits früher (S. 54) beschrieben wurde, enthält in dem sehr dicken Lineal M eine tiefe Nut, parallel zur Längsachse, in welche ein sechsseitiges Prisma P aus Holz eingelassen ist. Dasselbe läßt sich vermittelst eines Knopfes am Ende des Lineals drehen, so daß eine beliebige der sechs Seiten an der Oberfläche des Meßlineals erscheinen kann. Auf diesen Seiten des Prismas sind die Kubikgehalte für 6 verschiedene Stammlängen entsprechend aufgedruckt. Die Brauchbarkeit wird durch diese geringe Zahl der Stammlängen entschieden beeinträchtigt, weswegen schon Baur den Vorschlag macht,*) statt eines Prismas deren zwei einzulegen.

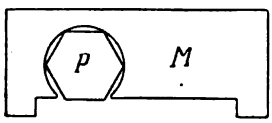


Fig. 35.

Bezugsquelle: Andreas Sedlmayer, München, Unteranger 20, Preis 24 Mark, in etwas veränderter Ausführung für 6 Klotzlängen von 3, 4, 4,5, 4,6, 5 und 6 m.

3. Schwedische Kubierungskluppe von Fellenius, Chef der Staatsforstverwaltung im Bezirk Koggarberg.**)

Diese Kluppe ist nach dem Aldenbrück-Friedrichschen Prinzipe konstruiert, nur besitzen sowohl der feste wie der bewegliche Schenkel oberhalb des Maßstabes ein Charnier, durch welches sie sich für den Transport umlegen lassen. Ferner ist der bewegliche Schenkel dort, wo er über die Teilung gleitet, mit einem Ausschnitte und einem feinen Metallfaden versehen, welcher

*) Baur, Holzmeßkunde. 4. Aufl. S. 29.

**) Beschreibung und Abbildung nach Müttrich. Z. f. F. u. J. 1896, S. 723.

ein feines und bequemes Ablesen gestattet. Am unteren Rande des breiten Meßlineals ist die Centimeterteilung aufgetragen, darüber eine graphische Kubiktabelle für Brusthöhendurchmesser, auf der einen Seite des Lineals für Kiefer, auf der anderen für Tanne (?), und zwar nicht getrennt nach bestimmten Stammlängen, sondern nach den Wuchsverhältnissen, somit nur indirekt nach der Stammlänge. Es muß also vor dem Ablesen die Bonität ermittelt bezw. eingeschätzt werden. Würde beispielsweise die Innenkante des

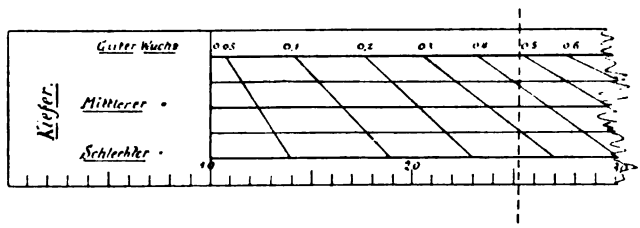


Fig. 36.

beweglichen Schenkels an der punktierten Linie der Zeichnung stehen, so wäre der Festgehalt

bei gutem Wuchse = 0,49 fm
bei mittlerem Wuchse = 0,35 fm
bei schlechtem Wuchse = 0,26 fm.

Die Kluppe ist in erster Linie zur Messung stehender Stämme bestimmt und kann als Massenkluppe nicht ohne weiteres auf liegende entwipfelte Stämme angewendet werden. Erfahrungen über die mit ihr erreichbare Genauigkeit liegen zur Zeit in deutschen Zeitschriften nicht vor.

4. Bestandsmassenkluppe von F. A. Hirschfeld.

Diese von dem derzeitigen Kgl. Preuß. Oberförster Hirschfeld in Lautenburg, Bezirk Marienwerder, erfundene Kluppe (D. R.-Patent 43624, Beschreibung zu beziehen vom Erfinder; vergl. auch Z. f. F. u. J. 1888, S. 591) ist ebenfalls nur für taxatorische Bestandsaufnahmen und Messung stehender Stämme bestimmt, soll aber des Zusammenhangs wegen schon an dieser Stelle Erwähnung finden. Auf eine genaue Beschreibung des ziemlich komplizierten Apparats muß hier verzichtet werden, nur der zu Grunde liegende Gedanke sei kurz erläutert. Hirschfeld trägt auf einem breiten Kluppenlineal die den einzelnen Brusthöhendurchmessern zugehörigen Stamminhaltswerte für eine bestimmte Holzart und Bonität als Ordinaten auf und verbindet ihre Endpunkte durch eine biegsame, an Metallstäben verstellbare Stahlschiene, welche somit eine Stammmassenkurve darstellt. Diese Kurven sind für 7 verschiedene Holzarten und die 5 Bonitäten bereits insofern vorgezeichnet, als die Ordinaten mit den den Massen zugehörigen Höhen beziffert sind, so daß man nach Ermittelung der durchschnittlichen Höhen für die ein-

zelnen Durchmesser nur auf diese Höhen die Stahlschiene einzustellen hat, eine Arbeit, welche sich verhältnismäßig einfach ausführen läßt. Weiter ist am beweglichen Kluppenschenkel ein Hebel unterseits angebracht, welcher, durch den Daumen der rechten Hand in Bewegung gesetzt, so weit ausschlägt, bis seine Bewegung an dieser Stahlschiene eine Begrenzung findet. Diese Bewegung ist also je nach der Stellung des beweglichen Schenkels oder mit anderen Worten, nach der Stärke des gemessenen Baumes, eine verschiedene und entspricht den Massen für die zugehörigen Durchmesser. Durch eine einfache Bremskuppelung wird diese Bewegung nach vorwärts (nicht aber auch die rückläufige) auf ein Rad übertragen, welches mit einem Zählwerk

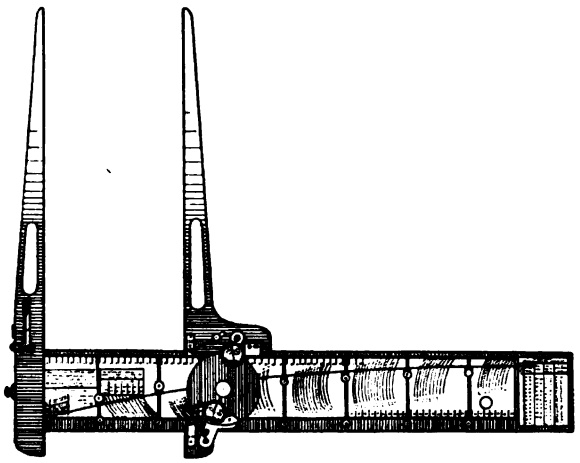


Fig. 37.

in Verbindung steht, dessen Zifferblatt somit, empirisch eingeteilt, die Summe dieser Bewegungen und damit die Gesamtmasse aller gemessenen Stämme angeben muß. Ein weiteres einfaches Zählwerk zählt die Zahl der Hebelbewegungen und hiermit die gemessenen Stämme.

Beim Gebrauche hat man sonach zuerst die durchschnittlichen Höhen der einzelnen Durchmesserstufen zu ermitteln und die Stahlschiene danach einzustellen, zweckmäßigerweise auch das Zählwerk auf Null zu stellen. Dann findet das Kluppen statt, indem man die Schenkel leicht an den Baum anlegt und den Hebel mit dem Daumen der rechten Hand langsam nach vorn bewegt, bis er an die Schiene anschlägt. Nach Loslassen kehrt der Hebel von selbst in die Ruhelage zurück.

Die Kluppe ist zu beziehen vom Erfinder und vom Mechaniker Rosendorf in Schweidnitz. Preis ca. 100 Mark. Gewicht 1,9 kg.

Ohne Zweifel läßt sich mit dem Instrument rasch und annähernd genau und in einfachster Weise der Festgehalt eines Bestandes ermitteln, indessen ist

sie für den Waldgebrauch doch zu empfindlich und zu teuer. Sie ist übrigens noch mit einer Einrichtung zu Höhenmessungen versehen, die hier nicht weiter beschrieben werden soll.

D. Kluppen für wissenschaftliche Zwecke, Präzisionskluppen.

Für wissenschaftliche Zwecke, insbesondere auch feine Zuwachsuntersuchungen, reichen die mit den vorbeschriebenen Kluppen, zum mindesten aber die mit hölzernen Instrumenten erzielbaren Resultate nicht aus. Hierfür sind (abgesehen von den eigentlichen Zuwachsmessern) besondere Kluppen konstruiert worden.

So verfertigt Staudinger in Gießen eine Kluppe aus Messing, welche vermöge besonderer sauberer Arbeit und einer Noniusvorrichtung am beweglichen Schenkel Ablesungen bis 0,1 mm gestattet, im übrigen aber wie seine Holzkluppe konstruiert ist. (Beschreibung bei Kunze, Holzmeßkunde, S. 11.)

Auch die Aluminiumkluppe desselben Verfertigers eignet sich ganz gut für feine Arbeiten.

Viel feinere Unterschiede aber lassen sich messen mit der

Optischen Präzisionskluppe nach Friedrich, konstruiert von Starke und Kammerer in Wien IV, Karlsgasse 11. (Ö. F. 1890, S. 221. Z. f. d. g. F. 1891, S. 166.) (Fig. 38.)

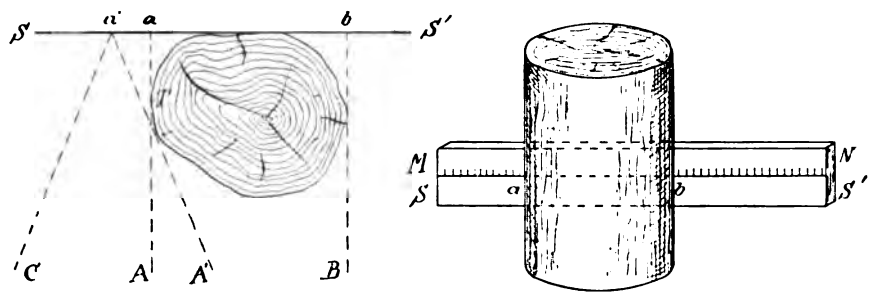


Fig. 38.

Dieselbe besteht aus einem schmalen Planspiegelstreifen SS', welcher der Länge nach mit dem Maßstab MN fest verbunden ist und durch irgend eine Vorrichtung, Klammer, Stachel ꝛc., unverrückbar an dem zu messenden Stamm senkrecht zur Stammachse befestigt werden kann. Blickt nun ein in A' befindliches Auge, den Stamm tangierend, in den Spiegel SS', so wird es im Spiegel an dem Punkte a' den Gegenstand C erblicken. Rückt aber das Auge von A' nach A, so wird es in dem Augenblicke die eigene Pupille, zugleich aber auch den Peripheriepunkt des Stammes T im Spiegel bei a erblicken, in welchem der Visierstrahl Aa genau senkrecht zu SS' steht. An dem Punkte a wird dann auf dem unmittelbar darüber befindlichen Maßstabe MN

die Centimeterzahl abgelesen. Verfährt man dann noch ebenso mit der Visur Bb, so ergiebt sich in der Differenz Sb — Sa der Durchmesser des Stammes. Das Verfahren läßt eine außerordentlich große Genauigkeit zu, vorausgesetzt, daß der Spiegel auch durchaus plan ist. An einem abgedrehten Holzcylinder fand man z. B. (Z. f. d. g. F. 1891, S. 167) einen mittleren Fehler von 0,015 cm.

Bezugsquelle: Starke und Kammerer, Wien IV, Karlsgasse 11.

Die Präzisionsmeßkluppe von G. Starke*) besteht aus einem sichelförmigen Stahlbogen Z, der an dem einen Ende eine Kontaktfläche C, am anderen ein Gewinde G trägt, durch welches die Schraube S hindurchgeht. Zwischen C und die Schraube S wird der zu messende Baum eingeklemmt.

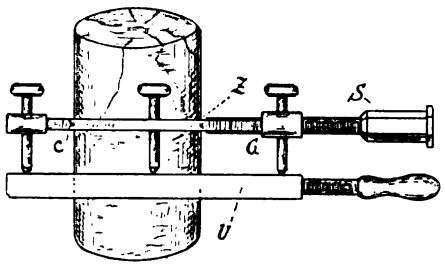


Fig. 39.

Die Steighöhe der Schraube beträgt 0,5 mm, vermittelst einer hier nicht näher zu erläuternden Einrichtung können an ihr Hundertstel Millimeter abgelesen und Tausendstel geschätzt werden. Für so feine Messungen darf der Meßapparat nicht direkt an den Baum angelegt werden, vielmehr findet die Berührung zwischen beiden durch zwei in den Baum eingeschraubte Kontaktknöpfe und einem federnden Fühlhebel am Ende der Schraube statt, der in der Fig. 39 nicht gezeichnet ist. Weiter ist zur Berücksichtigung der Temperatur ein feines Thermometer auf dem Stahlbogen angebracht und die ganze Vorrichtung ruht vermittelst dreier Stellschrauben auf einer Unterlagezwinge U aus Rotguß, welche fest an den Baum angeschraubt wird.

Bezugsquelle: Starke und Kammerer, Wien IV, Karlsgasse 11.

Andere Präzisionsbaummeßinstrumente, z. B. von Pfister, Reuß u. a., sind ausschließlich für Zuwachsuntersuchungen bestimmt und sollen daher hier keine Erwähnung finden.

II. Der Baumzirkel und verwandte Instrumente.

1. Der Kielmannsche Baumzirkel wurde erfunden von dem Förster Kielmann in Hasenfeld**). Nach den von R. Preßler gemachten Verbesserungen***) besteht derselbe aus einem Tasterzirkel, dessen, wie Fig. 40 zeigt, gekrümmte Schenkel gestatten, den größten Durchmesser eines Baumquerschnitts zwischen die Enden der Zirkelarme zu fassen. Die Schenkel, welche zur Erzielung größter Festigkeit einen parabolischen Querschnitt haben, sind wie eine

*) Nach Friedrich C. f. d. g. F. 1890, S. 177.

**) A. F. u. J. Z. 1840, S. 480.

***) M. R. Preßler, Neue holzwirtschaftliche Tafeln 1857, S. 177.

Schere über den Drehungspunkt c hinaus verlängert und laufen in zwei bequemen Handhaben aus. Die Entfernung der beiden Tasterenden a und b wird abgelesen bei o an einem vor den Handhaben angebrachten, empirisch eingeteilten Gradbogen m n, welcher bei n zur Verhütung des Herausgleitens aus der Führung o mit einem Stifte oder einer Schraube versehen ist und weiter bei o mit einer Klemmschraube zum Abgreifen bestimmter Maße unverrückbar festgestellt werden kann.

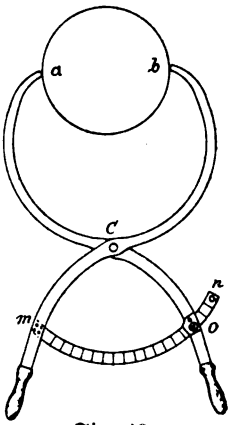


Fig. 40.

Beim Gebrauche wird der Zirkel unter leichtem Gegeneinanderdrücken der beiden Handhaben über den zu messenden Baum geschoben und hierbei unter wiederholtem Hin- und Herschieben der größte Ausschlag am Gradbogen abgelesen. Das Instrument, welches nur in wenigen Forstverwaltungen Anwendung findet, vereinigt verschiedene Nachteile mit einigen Vorteilen. Es ist, weil ganz aus Eisen, ziemlich schwer und ermüdet, da zudem der Schwerpunkt weit nach vorn, von den Handhaben entfernt liegt, bei längerem Arbeiten sehr. Dies tritt namentlich bei Messungen stehender Bäume, wobei der Zirkel horizontal gehalten werden muß, ein, während liegende recht bequem mit ihm gemessen werden können. Die Teilung liegt dem Auge nahe und bei kreuzweisem Messen kann man mit dem gekrümmten Schenkel ohne Hindernis unter den Stamm greifen. Ein Federn der Taster tritt vermöge ihres günstigen Querschnitts nur in geringem Grade ein, immerhin fand R. Micklitz*) durchschnittlich um 3,24 % zu kleine Resultate gegenüber einer sorgfältigen Kluppenmessung. Für den Transport ist der Zirkel eher bequemer, als eine Kluppe. Gewicht ca. 2 kg; Preis 14 Mk. bei W. Göhlers Wwe., Freiberg i. Sachsen.

2. Zirkelkluppe.

Einen vollständig neuen Gedanken brachte der Forstverwalter Leuthner in Spital am Pyhrn mit der Konstruktion seiner Zirkelkluppe, bei welcher er die Vorteile des Zirkels mit denen der Kluppe vereinigen wollte (Ö. F. 1890, S. 129). Dieselbe besteht aus einem starken, 100 cm langen Zirkel, dessen Schenkel etwa in der Mitte im rechten Winkel zur Drehungsebene vermittelst Scharnieren umgebogen sind. Auf diese Weise kann ein Baum wie bei der gewöhnlichen Kluppe zwischen zwei parallele Arme geklemmt werden.

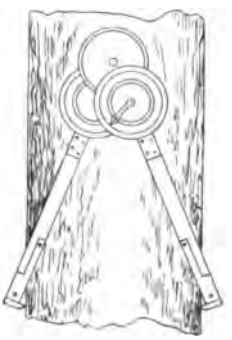


Fig. 41.

Die Größe der Bewegung der Zirkelarme wird hier-

*) A. F. u. J. Z. 1860, S. 108.

bei durch zwei Zahnräder auf einen Zeiger, der sich an dem einen Schenkel befindet und auf einer empirisch geteilten Kreisscheibe die Entfernung der parallelen Armstücke in Centimetern angiebt, übertragen.

Das Instrument ist handlich, zum Transport auf eine Länge von 50 cm zusammen zu klappen, die Ablesung an der stets dicht vor den Augen befindlichen Scheibe sehr bequem. Gewicht 1,6 kg. Doch liegt die Gefahr starken Federns sehr nahe. Erfahrungen über dasselbe liegen noch nicht vor.*)

3. Winkelspannen (Z. f. F. u. J. 1888, S. 493).

Die Winkelspanne des Fürstl. Revierförsters A. Treffurth in Altenfeld i. Thür. stellt ein Mittelding zwischen Schiebekluppe und Tasterzirkel

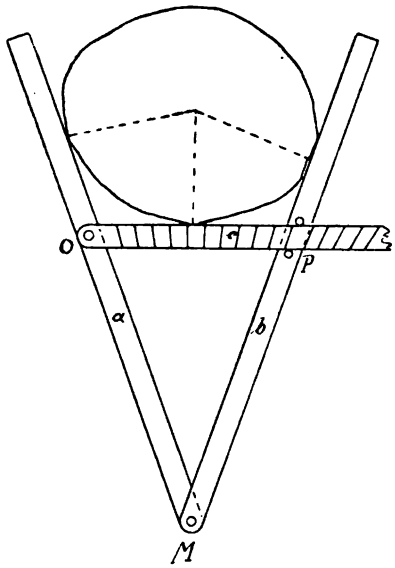


Fig. 42.
Blochholzwinkelspanne.

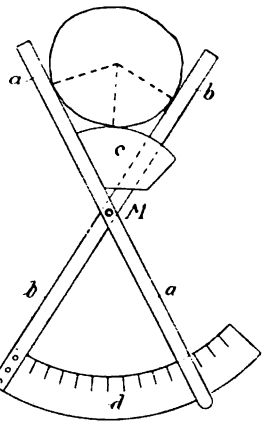


Fig. 43.
Bauholzwinkelspanne.

dar, deren beider Nachteile, Federn und Abgreifen eines kleineren Durchmessers, sie in glücklicher Weise vermeidet. Sie besteht (Fig. 42) bei der einen Ausführung, der Blochholzwinkelspanne, aus zwei Meßschenkeln a und b, welche um den Punkt M drehbar miteinander verbunden sind. Schenkel a trägt bei O drehbar einen Maßstab c, der am andern Schenkel b zwischen einer Führung P gleitet. Klemmt man nun einen Stamm so zwischen die Schenkel, daß er gleichzeitig sowohl a wie b und auch c berührt, so läßt sich sein Durchmesser auf der empirisch ermittelten Skala auf c ablesen. Diese Kluppe ist so eingerichtet, daß die 3 Schenkel für den Transport zu einem

*) Zeichnung nach Ö. F. 1890, S. 129.

geraden Stab ineinander gelegt werden können. Gewicht 2 kg, Preis 15 Mk., zu beziehen vom Erfinder.

Bei einer anderen Ausführung (Bauholzwinkelspanne, Fig. 43) ist das Meßlineal c durch einen Kreissektor c ersetzt, außerdem sind beide Schenkel a und b über M hinaus verlängert und gestatten, an b einen größeren Sektorteil d anzubringen, der ebenfalls mit einer empirischen Teilung versehen ist, auf welcher die Verlängerung des Schenkels a spielt. Gewicht 0,5 kg, Preis 9 Mk.

Theorie der Treffurthschen Winkelspanne*). Sind AD, AB und EG in beistehender Figur die 3 Schenkel der Kluppe, so stellen CB und CF den Radius r des zu messenden Baumes dar und es ist weiter auf Grund der Kluppenkonstruktion $BG = GF = c$. Nennen wir weiter noch die Strecke $AG = a$, so gilt folgende Gleichung:

$$(a + c)^2 + r^2 = (AF + r)^2$$

oder

$$(a + c)^2 = (AF)^2 + 2AF \cdot r$$

Es ist aber in dem rechtwinkligen Dreieck AFG

$$(AF)^2 = a^2 - c^2$$

also

$$AF = \sqrt{a^2 - c^2}$$

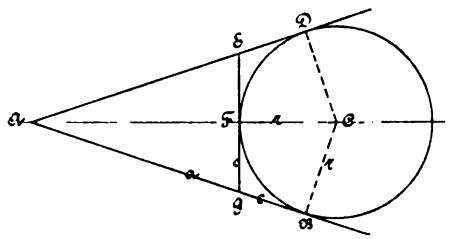


Fig. 44.

Setzen wir dies oben ein, so ergiebt sich

$$(a + c)^2 = a^2 - c^2 + 2r\sqrt{a^2 - c^2}$$

oder

$$r = \frac{c \cdot (a + c)}{\sqrt{a^2 - c^2}} = c\sqrt{\frac{a + c}{a - c}}$$

Da nun an dem Instrument a konstant ist, so läßt sich c für die verschiedenen Werte von r oder umgekehrt r aus den Größen für c leicht berechnen.

Diese Kluppen ergaben nach Barner (Z. f. F. u. J. 1888, 495) sehr gute Resultate, ein Federn ist ausgeschlossen, es arbeitet sich mit ihnen auch bequem am liegenden Stamm. Indessen werden andere Nachteile ihre weitere Verbreitung wohl hindern. Bei Messungen am stehenden Holze sind die langen Arme hinderlich, liegende Stämme müssen vollkommen frei liegen, damit man heran kann. Starke Stämme von 25 cm an lassen sich nicht mehr mit der Bauholzspanne, und schwächere nicht mit der Blochholzspanne messen,

*) Dr. Mai, Z. f. F. u. J. 1895, S. 35.

weil im letzteren Falle die Schenkel a und b bereits auf den Boden aufstoßen, ehe c den Stamm berühren kann.

Die Idee der Winkelspanne eignet sich sehr gut zur Anwendung auf eine Stockkluppe. So hat z. B. Nagy (Ö. F. 1889, S. 262 und M. Schl. 1890, I) einen solchen Kluppenstock beschrieben, ebenso hat Treffurth selbst

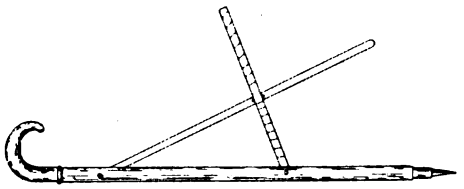


Fig. 45.

einen solchen, verbunden mit einem Höhenmesser, ausführen lassen, der als sehr zweckmäßig empfohlen werden kann. Gewicht des letzteren 675 g, Preis 17 Mk., zu beziehen vom Erfinder (Z. f. F. u. J. 1895, S. 35). Derartige Kluppenstöcke sind den früher beschriebenen, nach Art der Schiebekluppen eingerichteten, entschieden vorzuziehen, weil sie viel einfacher eingerichtet sind, keiner komplizierten Einrichtung zum Senkrechtstellen der Schenkel bedürfen und ein Federn bei ihnen ausgeschlossen ist.

III. Das Durchmessermeßband.

Die älteste, schon im vorigen Jahrhundert in der forstlichen Praxis angewendete Methode der Flächenermittelung eines Baumquerschnittes war die als Kreis aus dem Umfange nach der Formel

$$g = \frac{u^2}{4\pi}.$$

Fig. 46.

Zur Ermittelung des Umfanges kann man einfach eine Schnur um den Baum schlingen und die hierzu nötige Länge derselben an irgend einem Maßstabe hinterher ermitteln.

Viel bequemer aber ist das sog. Durchmessermeßband. Dasselbe besteht aus einem schmalen ca. 1,5 cm breiten Pergament- oder Leinenbandstreifen von der oben S. 48 beschriebenen Art, oder auch aus einem Stahlblechstreifen, welcher mittels einer Walze in einer Messingkapsel entweder selbstthätig durch eine Feder oder mit einer kleinen Kurbel aufgerollt wird. Am vorderen Ende trägt das Meßband einen Stachel, mit dessen Hilfe es an der Rinde des Baumes befestigt werden kann, sodaß das Messen des Umfangs auch bei starken Bäumen von einer einzigen Person bequem besorgt werden kann.

Die Teilung dieser Bänder zeigt auf der einen Seite das gewöhnliche Centimetermaß, auf der anderen Seite die dem Umfange entsprechenden Durchmesser, bisweilen ist auch gleich die diesem Umfange zugehörige Kreisfläche selbst aufgedruckt.

Anm. Über die Genauigkeit der Durchmesser- und Flächenermittelung aus dem Umfange vergleiche S. 78.

Zu beziehen sind derartige Bänder z. B. von Kob und Börner, Leipzig, Zeitzer Straße 35, Göhlers Witwe, Freiberg, Dominikus und Söhne, Remscheid.

Die Anwendung des Bandes eignet sich vornehmlich für gelegentliche Einzelmessungen, da man es stets ohne Schwierigkeiten mit sich führen kann. Es ist zu dem Zwecke auch dem Kluppenstocke vorzuziehen, umsomehr als es sich besser als dieser zu kleinen Längenmessungen verwenden läßt. Für die Messung zahlreicher Stämme arbeitet jedoch das Band zu umständlich und zeitraubend, außerdem aber, was noch wichtiger ist, auch weniger genau. Denn es mißt alle Unebenheiten und Vorsprünge am Stamme mit und giebt, da es den gefundenen Umfang stets auf einen Kreis bezieht, oder mit anderen Worten, für einen gegebenen Umfang nur die dazugehörige größtmögliche Fläche, eben die Kreisfläche, berechnet, stets zu große Resultate.

Anm. In früheren Zeiten verwendete man für Umfangsmessungen häufig statt des Bandes eine Metallkette, Baummeßkette, meist mit Gliedern gerade von Zolllänge, die jetzt ganz aufgegeben ist.

IV. Einfache Maßstäbe, Scherenmaßstab.

Einfache Maßstäbe können bei Durchmessermessungen, wie bereits bemerkt, nur dann angewendet werden, wenn der Stammquerschnitt offen zu Tage liegt. Für genaue Messungen, z. B. Zuwachsuntersuchungen, bei welchen man zu diesem Zwecke an der zu messenden Stelle aus dem Stamm ca. 2 bis 5 cm starke Scheiben herausschneidet, macht sich diese Art der Messung erforderlich und man verwendet dazu entweder einen in Millimeter geteilten prismatischen Maßstab einfachster Art oder einen sog. Scherenmaßstab.

1. Prismatische Maßstäbe.

Für die Zwecke der Zuwachsuntersuchung werden die Maßstäbe gewöhnlich mit einem trapezförmigen Querschnitte aus Metall oder Holz hergestellt und die Teilung auf der schrägen Fläche angebracht, so daß dieselbe auf den Jahresringen dicht aufliegt und ein sicheres Ablesen erlaubt. Diese Teilung geht entweder von einem Ende bis zum anderen durch oder sie verläuft, wie bei dem Baurschen Zuwachslineal, von einem Punkte in der Mitte des Maßstabes nach beiden Seiten. Dieser Nullpunkt ist mit einer spitzen Nadel versehen, welche in das Centrum der Stammscheibe eingedrückt werden kann und so durch Drehen des Lineals das Messen verschiedener, von einem Punkte

ausgehender Radien ermöglicht. Für manche Fälle mag das brauchbar sein, im Allgemeinen aber verwendet die Holzmeßkunde nicht die Radien, sondern die Durchmesser.

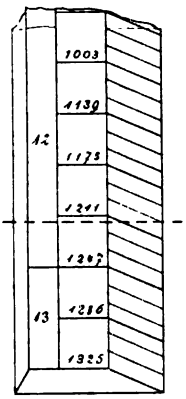


Fig. 47.

Zweckmäßig ist auch eine andere Form der Einteilung, nämlich die Bezifferung der Teilstriche nicht mit den Durchmesserzahlen, sondern mit den diesen entsprechenden Kreisflächen, was das nachherige Aufsuchen derselben entbehrlich macht. Diese Bezifferung ist dann in der Regel so durchgeführt, daß nicht bei jedem Teilstrich die entsprechende Kreisfläche angeschrieben ist, sondern immer nur in schicklichen Zwischenräumen. Der Wert eines der dazwischen liegenden Teilstriche erhellt dann aus seitwärts stehenden Ergänzungsziffern, so daß beispielsweise in der Figur 47 an der punktierten Linie abgelesen werden müßte 1175 + 2 mal 12 = 0,1199 qm.

2. Der Scherenmaßstab oder die Scheibenkluppe.

Für ganz feine Messungen verwendet man entweder eine präzis gearbeitete Metallkluppe mit ganz kurzen Schenkeln oder den sogenannten Scherenmaßstab.

Derselbe besteht aus einem Messingmaßstab M, welcher an dem einen Ende von einer Hülse H umgeben ist, in welcher er leicht gleiten kann; das andere Ende wird ebenfalls von einer Hülse H′ gehalten und kann in dieser mit einer Mikrometerschraube S vor- und rückwärts bewegt werden. Beide Hülsen tragen an ihrer Unterseite mehrere Stahlspitzen, mit welchen man sie

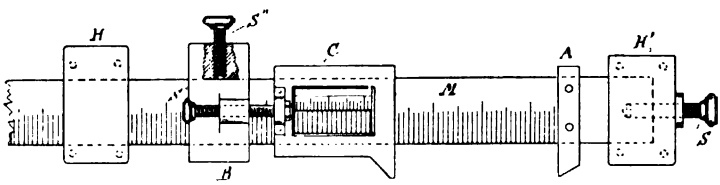


Fig. 48.

auf der gut geglätteten Stammscheibe befestigt. Hierdurch wird es möglich, den Nullpunkt der Teilung des Maßstabes M genau über einem Jahrringe einzustellen. Dieser Nullpunkt korrespondiert mit einem stählernen, auf M festgeschraubten Ansatzstück A. Auf dem Maßstab verschiebbar angebracht ist weiterhin eine Hülse B, welche mittels Schraube S″ am Maßstab unverrückbar festgehalten werden kann. Mit dieser Hülse durch eine Mikrometerschraube S′ vereinigt ist sodann ein Gleitstück C, das oben einen Ausschnitt zeigt, durch welchen die darunterliegende Teilung des Maßstabes M sichtbar wird. In

diesem Ausschnitte befindet sich auch ein Nonius, dessen Nullpunkt mit dem Nullpunkt der Teilung von M zusammenfällt, sobald die eine Kante von C an dem vorhin erwähnten Ansatzstück A dicht anliegt.

Zum Gebrauche legt man das Instrument genau auf den zu messenden Durchmesser der gut geglätteten Stammscheibe, so daß die Innenkante von A möglichst über dem betreffenden Jahrring steht, und drückt die beiden Hülsen H und H′ fest in das Holz ein. Alsdann wird das Ansatzstück A mittels Schraube S fein über dem Jahresring eingestellt, Schraube S″ gelockert und B samt C verschoben, bis die Innenkante von C sich annähernd über dem entsprechenden Jahrring auf der anderen Seite der Scheibe befindet. Nach Anziehen der Schraube S″ kann dann durch Drehen an S′ das Gleitstück C genau eingestellt werden und hierauf die Ablesung am Nonius erfolgen.

b) Die Ermittelung der Baumquerflächen.

In allen vorausgehenden Erörterungen sind die Baumquerflächen der Kürze halber stets als Kreise behandelt worden. Das stimmt jedoch mit den thatsächlichen Verhältnissen nicht immer überein, und es zeigen jene, wenn auch der Kreis den (oft erreichten) Grundtypus ihrer Form bildet, doch sehr häufig abweichende, ellipsoide, ovale oder auch ganz unregelmäßige Formen in den verschiedensten Übergängen.

Vom Standpunkte der Holzmeßkunde aus interessiert uns zunächst nur die Thatsache, nicht auch die Ursache dieser Abweichungen von dem streng symmetrischen Aufbau der Holzgewächse. Wenn es sich jedoch, wie es allerdings den Anschein hat, herausstellen sollte, daß diese Abweichungen, abgesehen von den Fällen einseitiger Beastung, Belichtung und anderen leicht erkennbaren Ursachen, nicht bloße Zufälligkeiten sind, sondern bestimmten, allgemein herrschenden Ursachen und Gesetzen folgen, so würde deren Kenntnis auch für die Zwecke der Holzmeßkunde eine praktische Bedeutung besitzen und könnte unter Umständen auf die Messungsmethoden von Einfluß sein.

Schon M. Musset*) konnte 1867 auf Grund umfangreichster Messungen nachweisen, daß die von ihm untersuchten Stämme in west-östlicher Richtung durchschnittlich einen größeren Durchmesser besaßen als in nörd-südlicher, was er durch die Erdrotation erklären wollte. Spätere Forscher, wie u. a. Sachs**), Nördlinger***), Detlefsen†) und vor allen Dingen wieder Grundner††) kamen zu ähnlichen Resultaten, wenn sie einen größeren Durchmesser

*) Siehe Grundner, Untersuchungen über die Querflächen-Ermittelung der Holzbestände. Berlin 1882. S. 8.

**) Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882.

***) Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers. Stuttgart 1872.

†) Versuch einer mechanischen Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums verholzter Achsen und Wurzeln. Wismar 1881.

††) A. a. O.

in der Richtung der vorherrschenden Windströmung oder auch vorzugsweise west-östlich fanden. Indessen dürften diese Erscheinungen, welche im übrigen weiterer Untersuchung wert sind, doch mehr für die Messung ganzer Bestände praktische Berücksichtigung verdienen.*)

Zunächst sehen wir uns nur vor die Frage gestellt, wie man aus den gemessenen Durchmessern oder Umfängen am genauesten und zugleich auch am einfachsten die richtige Querfläche findet.

1. Berechnung aus einem Durchmesser.

Für kreisrunde Stammscheiben ergiebt sich unter Beibehaltung der bisher verwendeten Bezeichnungen

$$g = \frac{\pi}{4} d^2 = 0{,}7854\ d^2$$

eine Berechnung, die sich unter Benutzung einer geeigneten Kreisflächentafel rasch auch für eine große Zahl von Stämmen ausführen läßt.

2. Die Berechnung aus dem Umfange u nach der Formel

$$g = \frac{u^2}{4\pi} = 0{,}0796\ u^2$$

läuft, theoretisch betrachtet, auf dasselbe hinaus, praktisch jedoch erhält man in der Regel andere Ergebnisse. Man bekommt nämlich meist, weil bei der Umfangsmessung, wie schon bemerkt, alle Unebenheiten der Rinde, Moos, Flechten ꝛc. mit gemessen werden, ein zu großes u und g; dieses Ergebnis muß aber auch stets eintreten, wenn die Stammscheibe nicht genau kreisrund ist. Denn der Kreis besitzt bekanntlich bei gegebenem gleichem Umfange von allen ebenen Flächen den größten Flächeninhalt, so daß man stets eine zu große Fläche erhalten muß, wenn man den Umfang einer anderen ebenen Figur als Kreisumfang betrachtet.

Dieser Fehler ist, wie ausgedehnte Versuche der Großh. Badischen Forstdirektion im Jahre 1860 zeigen**), in Wirklichkeit sogar ganz erheblich. Es fand sich nämlich, daß sich die aus dem Umfange ermittelten Flächen zu den aus dem Durchmesser berechneten verhielten

bei Buche	wie	100 : 90,92	bis	91,03
„ Eiche	„	100 : 91,12	„	94,14
„ Fichte	„	100 : 85,07	„	89,72
„ Kiefer	„	100 : 90,97	„	97,48.

Dabei zeigten sich die größten Abweichungen regelmäßig bei den schwächeren Stämmen. Auch Schmidtborn***) fand bei seinen unten noch zu erwähnenden

*) Erwähnung verdient an dieser Stelle die interessante Studie von Forstassessor Metzger „Über den Aufbau der Holzgewächse nach statischen Gesetzen", Diss. Berlin 1895.

**) Erfahrungen über den Massenvorrat und Zuwachs geschlossener Hochwaldbestände. 3. Heft. Karlsruhe 1862.

***) A. F. u. J.-Z. 1863, S. 408.

Unterſuchungen regelmäßig poſitive Fehler bei der Umfangsmeſſung und zwar im Mittel + 2,59 %, im Maximum + 8,77 %.

Anm. König ſtellte deswegen*) den empiriſchen Satz auf: Die Fläche eines Baumquerſchnitts iſt gleich der eines Kreiſes, deſſen Umfang ſo groß iſt, als der Umfang der Baumquerfläche, vermindert um ein Fünftel der Differenz des größten und des kleinſten Durchmeſſers derſelben. Daraus würde ſich die Formel ergeben

$$g = \frac{\left(u - \frac{D - d}{5}\right)^2}{4\pi}$$

ein Ausdruck, der jeder wiſſenſchaftlichen Grundlage entbehrt und als Näherungswert viel zu umſtändlich iſt.

3. Berechnung aus zwei oder mehreren Durchmeſſern.

a) Da man eine zu große Fläche erhält, falls man einen Stammquerſchnitt aus ſeinem größten, und eine zu kleine, falls man ihn aus ſeinem kleinſten Durchmeſſer als Kreis berechnet, ſo lag es nahe, aus beiden Flächen das Mittel zu nehmen. Man erhält dann die Formel der geglichenen Fläche

$$g = \frac{\pi}{4} \frac{D^2 + d^2}{2} = 0{,}3927\ (D^2 + d^2)$$

die aber wegen des zweimaligen Quadrierens wenig bequem iſt, auch die Notierung beider Durchmeſſer beim Meſſen unbedingt verlangt.

b) Dem gegenüber bietet die gleich gut oder eher noch genauer arbeitende Formel des geglichenen Durchmeſſers

$$g = \frac{\pi}{4}\left(\frac{D + d}{2}\right)^2 = 0{,}1964\ (D + d)^2$$

größere Annehmlichkeiten, eine Formel, deren ſich die gegenwärtige Praxis in der Regel bedient, wenn größere Ungleichheiten in den Durchmeſſern die Berückſichtigung dieſer Differenz verlangen.

c) Eine durchſchnittlich noch etwas höhere Genauigkeit erhält man, wenn man die Baumquerfläche aus dem geometriſchen Mittel des größten und kleinſten Durchmeſſers, alſo als Ellipſenfläche nach der Formel

$$g = \frac{\pi}{4}\sqrt{(Dd)^2} = 0{,}7854\ Dd$$

berechnet, welches Verfahren bei den Schmidtbornſchen Unterſuchungen von den einfacheren Methoden die genaueſten Reſultate erbrachte.

d) Selbſtverſtändlich kann man in dem Ausgleichen der Durchmeſſer noch weiter gehen und die Baumquerfläche als Kreis mit einem arithmetiſch mittleren, aus mehreren Durchmeſſern gewonnenen Durchmeſſer, alſo nach der Formel

$$g = \frac{\pi}{4}\left(\frac{d_1 + d_2 + \cdots + d_n}{n}\right)^2$$

*) A. a. O. S. 20.

berechnen, wobei man n in der Regel als gerade Zahl wählen und die d gleichmäßig auf die stärkere und die schwächere Seite des Stammes verteilen wird. Man kann auch die verschiedenen Durchmesser so legen, daß sie sich unter gleichem Zentriwinkel schneiden. Man wird jedoch lieber danach trachten, die beiden oder je zwei Durchmesser aufeinander senkrecht stehend auszuwählen. Es kommen aber häufig Fälle vor, wo besondere Umstände dies verhindern. Dann wird man versuchen, ein zu klein erhaltenes D durch ein gutachtlich etwas größer gewähltes d wieder auszugleichen, falls man sich hiermit begnügt oder eine der folgenden genauen Methoden anzuwenden nicht in der Lage ist.

4. Genaueste Flächenermittelung.

Eine große Genauigkeit, selbst bei ganz unregelmäßig geformten Querflächen läßt sich auf folgende Weise erzielen, vorausgesetzt, daß man nicht blos die Durchmesser am unzerschnittenen Stamme selbst abgreifen, sondern den Querschnitt selbst zur Verfügung haben kann.

α) Mittels Äquidistanten.

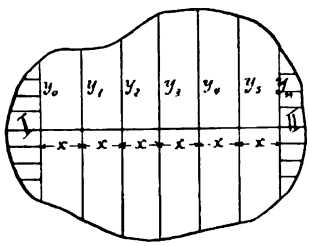


Fig. 49.

Man glättet die Stammscheibe mittels eines scharfen Hobels und zieht auf derselben mit einem scharfen Bleistift den größten Durchmesser. Auf diesem zeichnet man in gleichen Abständen x voneinander Senkrechte (Äquidistanten) y_0, y_1, y_2 u. s. f. bis y_n, welche die Stammquerfläche in eine Anzahl Trapeze und zwei Endsegmente I und II zerlegen. Diese beiden Segmente zerlegt man in derselben Weise in Trapeze, indem man auf y_0 und y_n Senkrechte errichtet. Die Summe dieser sämtlichen Trapeze ergiebt dann die Fläche der Stammscheibe nach der bekannten Formel

$$g = x\left(\frac{y_0 + y_n}{2} + y_1 + y_2 + \cdots + y_{n-1}\right) + I + II$$

oder nach der Simpsonschen Regel

$$g = \frac{x}{3}\left[y_0 + y_n + 4\,(y_1 + y_3 + \cdots + y_{n-1}) + 2\,(y_2 + y_4 + \cdots + y_{n-2})\right] + I + II.$$

β) Mittels Planimeters.

Die Kenntnis der Konstruktion der Planimeter (Polarplanimeter nach Amsler, freischwebende Polarplanimeter und Kugelrollplanimeter nach Corradi) und der Anwendung derselben wird hier als bekannt vorausgesetzt. Für ihre Benutzung zur Ermittelung von Stammscheibenflächen ist nur noch zu bemerken, daß letztere gut mittels Hobels geglättet, auch von etwa vorhandenen Harzflecken durch Alkohol befreit werden müssen. In manchen Fällen wird es

auch notwendig werden, undeutliche Jahrringe mittels feiner Bleistiftlinien hervorzuheben oder überhaupt alle Jahrringe durch Färben mit einem Farbstoff*) deutlich erkennbar zu machen.

Große Stammscheiben, auf welchen das Planimeter beim Umfahren der Fläche genug Platz hat, können dann ohne weiteres gemessen werden. Im anderen Falle bei kleinen Scheiben muß als Unterlage für die Bewegung der Laufrolle des Planimeters eine glatte, mit der Oberfläche der Stammscheibe genau in eine Ebene fallende Fläche hergestellt werden, was immerhin einige Umständlichkeit bereitet. Diesem Übelstande entgeht man entweder durch Benutzung eines Linear- oder Scheibenplanimeters, bei welchem sich die Meßrolle stets auf einer besonderen drehbaren papierüberzogenen Scheibe bewegt und welches somit unabhängig von der Beschaffenheit der Stammscheibe ist, oder dadurch, daß man die zu messende Stammscheibe auf einen größeren Zeichenbogen abdruckt, der auf ein Zeichenbrett gespannt, leicht die Anwendung des Planimeters gestattet.

Die Resultate sind bei sorgfältiger Arbeit sehr befriedigend, sowohl was Zeitaufwand als auch Genauigkeit anlangt. Die letztere kann durch mehrmaliges Umfahren noch beträchtlich gesteigert werden. Kunze fand z. B.**) bei nur einmaligem Umfahren die größten Abweichungen vom Mittel aus 25 Umfahrungen mit — 0,59 und + 0,61 %, bei fünfmaligem Umfahren dagegen — 0,18 und + 0,13 %.

Preise der Planimeter: Einfache Amslersche Polarplanimeter 40 bis 50 Mark, Koradischer Kugelrollplanimeter 140 bis 180 Mk., Scheibenplanimeter 130 bis 170 Mark.

γ) Eine weitere Möglichkeit zur ziemlich genauen Ermittelung selbst sehr unregelmäßiger Flächen besteht darin, daß man die Stammscheibe sorgfältig auf ein ganz gleichmäßig starkes Zeichenpapier überträgt. Dies kann entweder geschehen mittels Durchpausens auf Ölpapier oder durch Abdrucken. Bei Holzscheiben, welche, in grünem Zustande geglättet, dann einige Zeit gelegen haben und dadurch ausgetrocknet sind, schwindet das wasserreichere Frühjahrsholz stärker als das Herbstholz. Es tritt hierdurch der Herbstteil des Jahresringes erhaben hervor und läßt sich, wenn man die ganze Stammscheibe mit Druckerschwärze einreibt, wie bei einem Holzschnitt, auf Papier abdrucken. Auch durch Behandeln mit verdünnter Schwefelsäure,***) welche das Frühjahrsholz stärker angreift als das Herbstholz, läßt sich eine ähnliche Erscheinung hervorrufen.

Diese Zeichnungen oder Abdrücke werden dann mit einer Schere sorgfältig ausgeschnitten und auf einer hinreichend empfindlichen Wage gewogen.

*) Z. B. Übermangansaures Kali, oder irgend ein Anilinfarbstoff. Sehr gut haben sich bewährt Rhodamin und Auranin 1 : 1000.

**) Holzmeßkunst S. 218.

***) Vergl. Z. f. d. g. F. 1890, S. 121.

Ermittelt man dann weiter noch das Gewicht der Flächeneinheit von demselben Papiere, so ergiebt sich aus dem Verhältnis der Gewichte die Fläche der Stammscheibe. Dies Verfahren ist etwas umständlich und steht jedenfalls der Anwendung des Planimeters nach.

Eingehende Untersuchungen über die Genauigkeit verschiedener Berechnungsarten der Baumquerflächen veröffentlichte bereits im Jahre 1863 (A. F. u. J.-Z. 1863, S. 408) Schmidtborn, auf welche besonders hingewiesen sei. Sie gipfeln in dem Resultat, daß von den einfachen Verfahren am besten die Formel $g = \frac{\pi}{4} D d$, nächst ihr die Formel $g = \frac{\pi}{4}\left(\frac{D+d}{2}\right)^2$ arbeitet.

c) Einfluß der Durchmesser- und Umfangfehler.

α) Auf die Stammquerflächen.

Wenn wir die wirkliche Fläche einer kreisrunden Stammscheibe mit

$$g = \frac{\pi}{4} D^2$$

bezeichnen, so ergiebt sich, falls bei der Messung des D ein Fehler a, der positiv oder negativ sein kann, gemacht wird, die unrichtige Fläche

$$g_1 = \frac{\pi}{4}(D + a)^2$$

und ein Flächenfehler

$$\Delta_g = g_1 - g = \frac{\pi}{4}\left(D + a\right)^2 - \frac{\pi}{4} D^2$$

oder

$$\Delta_g = \frac{\pi}{4}\left(2\,Da + a^2\right)$$

Nun wird aber a stets nur ein sehr geringer Bruchteil von D sein und man darf ohne großen Fehler das noch kleinere a^2 vernachlässigen, so daß sich der Flächenfehler stellt auf

$$\Delta_g = \frac{\pi}{2} Da$$

In Worten: Die absolute Größe des Flächenfehlers Δ_g ist bei gleichbleibendem Durchmesserfehler a direkt proportional dem Baumdurchmesser D, wächst also mit Zunahme desselben und bei gleichbleibendem Durchmesser D direkt proportional dem Durchmesserfehler a.

Ermittelt man g aus dem Umfange u und hätte hierbei den Umfangsfehler φ begangen, so ergiebt sich analog der Flächenfehler

$$\Delta_g = \frac{(u + \varphi)^2}{4\pi} - \frac{u^2}{4\pi}$$

und daraus mit Ignorierung von φ^2

$$\Delta = \frac{u\varphi}{2\pi}$$

Eine einfache Überlegung sagt uns, daß es eines πmal größeren Umfangfehlers bedarf, um denselben Flächenfehler zu erzeugen, wie ein bestimmter Durchmesserfehler a es thut.

Etwas anders stellen sich jedoch die Verhältnisse, wenn man nach dem relativen Flächenfehler, dem Fehlerprozent fragt*). Dann ergiebt sich aus der Proportion

$$\frac{\Delta}{g} = \frac{p}{100}$$

das Flächenfehlerprozent

$$p_g = \frac{\Delta}{g} 100 \cdot$$

Durch Einsetzen der soeben gefundenen beiden Werte für Δ erhält man

$$p_g = \frac{\frac{\pi}{2} D a}{\frac{\pi}{4} D^2} 100 = \frac{a}{D} 200$$

beziehungsweise

$$p_g = \frac{\frac{u\varphi}{2\pi}}{\frac{u^2}{4\pi}} 100 = \frac{\varphi}{u} 200 \cdot$$

Das Flächenfehlerprozent ist also ceteris paribus direkt proportional dem Durchmesser- bezw. Umfangsfehler und umgekehrt proportional dem Durchmesser D.

Als praktische Folgerung hieraus ergiebt sich die Regel, daß die Abrundung der Durchmesser um so größer sein darf, je stärker die Durchschnittstärke der Stämme ist. Man kann leicht durch Umkehrung der beiden letzten Formeln eine Gleichung aufstellen, welche uns die Größe des zulässigen Fehlers a oder φ angiebt unter der Bedingung, daß das hierdurch entstehende Flächenfehlerprozent p eine bestimmte Größe nicht überschreitet.

$$a = \frac{D}{200} p$$

oder

$$\varphi = \frac{u}{200} p \cdot$$

*) E. Heyer, A. F. u. J. Z., Suppl. V, 161.

Soll also beispielsweise kein größerer Flächenfehler als von 2% entstehen, so darf bei einem 25 cm starken Stamme höchstens ein Durchmesserfehler von 2,5 mm, bei einem 50 cm starken von 5,0 mm begangen werden.

β) Auf den Stamminhalt.

1. Wird der Durchmesser D eines Baumes um den Betrag a unrichtig bestimmt, so resultiert ein Fehler der Masse

$$\Delta_v = \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4}\left(D+a\right)^2 l - \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4}D^2 l$$

oder mit Vernachlässigung von a^2 wie oben

$$\Delta_v = \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4}2\,Dal$$

Im Prozentsatz des wirklichen Inhalts v ausgedrückt ist dies

$$p_v = \frac{\Delta_v}{v}\cdot 100$$

$$= \frac{a}{D}200$$

Es wirkt also ein Durchmesserfehler prozentisch auf den Inhalt gerade so wie auf die Querfläche des Baumes ein.

Werden sowohl bei der Durchmesser- wie bei der Längenmessung gleichzeitig Fehler begangen, so können dieselben beide, je nach ihren Vorzeichen, entweder nach einer Richtung sich häufen oder aber sich mehr oder minder aufheben. Im ersten Falle erhält man die unrichtige Masse

$$v = \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4}(D+a)^2(l+\lambda)$$

und einen Massenfehler

$$\Delta_v = \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4}\left[(D+a)^2(l+\lambda) - D^2 l\right]$$

Vernachlässigt man in diesem Ausdrucke die kleinen Produkte $= a^2 l$, $2\,Da\lambda$ und $a^2\lambda$, was aber nur zulässig ist, wenn es sich um wirklich kleine Beträge a und λ handelt, so ergiebt sich die einfachere Formel

$$\Delta_v = \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4}\left[2\,Dal + D^2\lambda\right]$$

oder auch

$$= \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4}D^2 l\left[\frac{2a}{D}+\frac{\lambda}{l}\right]$$

und dann das sehr einfache Fehlerprozent

$$p_v = \left(\frac{2a}{D}+\frac{\lambda}{l}\right)100$$

Haben a und λ dagegen verschiedene Vorzeichen, so tritt ein Ausgleich ein, welcher vollständig wird, sobald $a = -\frac{D\lambda}{2l}$ ist. Denn setzen wir

$$p_v = \left(\frac{2a}{D} + \frac{\lambda}{l}\right) 100 = 0$$

so ist auch

$$\frac{2a}{D} = -\frac{\lambda}{l}$$

oder

$$a = -\frac{D\lambda}{2l}$$

beziehungsweise

$$\lambda = -\frac{2la}{D}.$$

Beispiel: Ein Stamm hat ein $D = 25$ cm; $l = 20$ m und ein $\frac{1}{r+1} = 0{,}5$. Seine wirkliche Masse v ist somit $= 0{,}5 \cdot 0{,}785 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}25 \cdot 20 = 0{,}4906$ fm. Wird D um $a = +0{,}2$ cm falsch gemessen, so erhält man die Fehler

$$\Delta_g = \frac{\pi}{2} D a = \frac{3{,}14159 \,.\, 0{,}25 \,.\, 0{,}002}{2} = 0{,}000785 \text{ qm}$$

$$p_g = \frac{a}{D} 200 = \frac{0{,}002}{0{,}25} \cdot 200 = 1{,}6\ \%$$

$$\Delta_v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} 2 D a l = 0{,}5 \cdot 0{,}785 \cdot 2 \cdot 0{,}20 \cdot 0{,}002 \cdot 20 = 0{,}0078 \text{ fm}$$

$$p_v = \frac{a}{D} 200 = \frac{0{,}002}{0{,}25} \cdot 200 = 1{,}6\ \%$$

Mißt man außerdem die Höhe um $\lambda = +0{,}4$ m zu groß, so ist

$$\Delta_v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} D^2 l \left(\frac{2a}{D} + \frac{\lambda}{l}\right) = 0{,}4906 \left(\frac{0{,}004}{0{,}25} + \frac{0{,}4}{20}\right) = 0{,}0177 \text{ fm}$$

$$p_v = \left(\frac{2a}{D} + \frac{\lambda}{l}\right) = 3{,}6\ \%$$

Der Durchmesserfehler $a = 0{,}2$ cm würde aufgehoben werden durch einen Höhenfehler $\lambda = -0{,}32$ m, denn wir müßten setzen:

$$\lambda = -\frac{2la}{D} = -\frac{2 \,.\, 20 \,.\, 0{,}002}{0{,}25} = -0{,}32 \text{ m}.$$

C. Rechnungshilfsmittel.

Zur Erleichterung der zahlreichen beim stereometrischen Kubieren des Holzes vorkommenden mechanischen Rechnungsarbeiten benutzt man mit Vorteil verschiedene Rechnungshilfsmittel, entweder allgemeiner Art oder von besonders für diesen Zweck konstruierter Form.

Hilfsmittel allgemeiner Art sind die bekannten Rechentafeln, von welchen die von Dr. A. L. Crelle*) sich durch außerordentliche Genauigkeit auszeichnen, ferner die in neuerer Zeit sehr vervollkommneten Rechenmaschinen, beziehbar u. a. von der Firma Burkhard in Glashütte. Für Berechnungen, von welchen nur eine Genauigkeit von wenigen Stellen verlangt wird, leistet der logarithmische Rechenschieber vorzügliche Dienste.

Bequemer ist indessen bei solchen Arbeiten immer die Benutzung der für speziell forstliche Zwecke berechneten Hilfstafeln: Kreisflächentafeln, Walzentafeln oder Kubiktabellen. Erstere enthalten die Kreisflächen für die einzelnen Durchmesser oder auch Umfänge. Für praktische Zwecke genügt hierbei schon eine Genauigkeit von 2 oder 3 Dezimalen, aber auch für wissenschaftliche Zwecke wird man in der Regel selten mehr als 4 oder 5 anzuwenden haben.

Enthalten solche Tafeln auch die Kreisflächensumme für eine beliebige Anzahl gleichstarker Bäume, so sind sie nicht nur für diese Summenermittelung zu gebrauchen, sondern gleichzeitig auch als Walzentafeln oder Kubiktabellen. Letztere geben aus Durchmesser und Länge eines Stammes seinen Inhalt an, enthalten gewöhnlich aber noch weitere Tabellen, z. B. über den Inhalt von Klötzen aus oberer Stärke und Länge, von Stangen aus Unterstärke und Länge, oder Festgehalte der Schichtmaße u. a. m.

Derartige Hilfstafeln sind in großer Zahl erschienen. Erwähnt seien:

Dr. **M. F. Kunze**, Siebenstellige Kreisflächen für alle Durchmesser von 0,01 bis 99,99. Dresden 1868.

Derselbe, Hilfstafeln für Holzmassenaufnahmen, Berlin 1884. (Besonders zu empfehlen!)

Dr. **A. v. Seckendorf**, Kreisflächentafeln für Metermaß, 2. Aufl. 1875. Leipzig.

Eberts, Kreisflächentafeln nach Metermaß. Berlin 1874.

E. Braun, Hilfstafeln zur Bestimmung des Kubikinhaltes des Bau- und Werkholzes. Darmstadt. (In Hessen eingeführt.)

H. Behm, Kubiktabelle zur Bestimmung des Inhalts von Rundhölzern. Berlin, 7. Aufl. 1880. (In Preußen eingeführt.)

A. v. Ganghofer, Der praktische Holzrechner nach Metermaß. Augsburg, 4. Aufl. 1896. (In Bayern eingeführt).

*) Herausgegeben von Dr. C. Bremicker, Berlin 1880.

M. R. Preßler, Forstliche Kubierungstafeln nach metrischem System. Leipzig 1871. In 10 u. 11 Aufl. 1898 herausgegeben von Dr. M. Neumeister. Wien. (In Sachsen eingeführt.)

Dr. **M. Neumeister**, Anhang zu den forstlichen Kubierungstafeln von Preßler-Neumeister, Wien 1892.

M. R. Preßler, Holzwirtschaftliche Tafeln mit populären Erläuterungen. Tharand und Leipzig: I. Band 1881 fürs Gefällte, II. Bd. 1882 Fürs Stehende.

H. v. Cotta, Tafeln zur Bestimmung des Inhalts der runden, geschnittenen und behauenen Hölzer 2c. Leipzig, 17. Aufl. 1897.

W. Thiele, Tafeln zur Inhaltsbestimmung der Rundhölzer. Dessau 1871.

A. Pleibel, Tabellen zur Bestimmung des kubischen Inhalts 2c. Stuttgart 1871.

J. Hildebrand, Kubiktafeln für Metermaß. Danzig 1871.

H. v. Gerstenberg, Der allzeit fertige Holzberechner. Weimar 1871.

G. Pabst, Tafeln zur Inhaltsbestimmung 2c. Gera 1870.

Blume, Kubiktabelle für runde Hölzer. Frankfurt a. M. 1887.

Ranisch, Hilfstafeln zur Ermittelung des Massengehalts von Blochen, Stämmen und Stangen. Berlin 1886.

Hundt, Kubierungstabellen neuesten Systems. Passau 1894.

Lizius, Taschenbuch für Berechnung des Kubikinhaltes von Rundhölzern, Latten 2c. 2. Aufl. Stuttgart 1892.

Behm, Grubenholz-Kubik-Tabelle. Berlin 1896.

K. Philipp, Hilfstafeln für Forsttaxatoren. 2. Aufl. 1896.

Von sonstigen Rechnungshilfsmitteln seien der Vollständigkeit halber noch erwähnt: Der Kubierungskreis von Weber, der Selbstkubierungsmeterstab von Schinzel und der Rundholzrechenapparat Kubus.

Der Kubierungskreis von R. Weber stellt eine Anwendung des logarithmischen Rechenschiebers auf speziell xylometrische Zwecke dar und besteht aus zwei um eine gemeinsame Achse drehbaren Messingscheiben von gleichem Durchmesser. Auf der Mantelfläche des unteren etwa 1 cm hohen Cylinders ist eine logarithmische Skala, beziffert mit den dazugehörigen Numeris, auf der des oberen sind die doppelten Logarithmen der Zahlen, welche bei den entsprechenden Indexstrichen dazu geschrieben sind, aufgetragen. Es ist somit dieser Rechenschieber geeignet, ein Quadrat mit einer einfachen Zahl zu multiplizieren, wie dies beispielsweise bei der Kubierung nach der Formel $v = \frac{\pi}{4} \delta^2 l$ nötig ist. Hierbei tritt aber in jedem einzelnen Falle noch der Faktor $\frac{\pi}{4}$ als konstante Größe hinzu und es ist dann der Logarithmus des Stamminhaltes

$$\log v = \log \frac{\pi}{4} + 2 \log \delta + \log l$$

oder auch

$$\log v = - \log \frac{4}{\pi} + 2 \log \delta + \log l.$$

Die Größe $\log \frac{4}{\pi}$ ist auf der oberen Skala vom Punkte 1 aus in der Richtung nach 2 aufgetragen, ihr Endpunkt, welcher als Index dient, durch einen Strich und eine kleine Niete deutlich gemacht. Würde man den mit 1 bezeichneten Nullpunkt der oberen Teilung auf den Strich der unteren Teilung, welcher der gemessenen Höhe entspricht, einstellen, dann auf der oberen Teilung den mit dem vorliegenden Durchmesser bezeichneten Strich aufsuchen und hier gleichzeitig die Ziffer des korrespondierenden Striches auf der unteren ablesen, so hätte man durch Addition der Logarithmen das Produkt $\delta^2 l$. Dadurch jedoch, daß man nicht jenen Nullpunkt 1, sondern den um $\log \frac{4}{\pi}$ weiter vorwärtsliegenden Indexstrich einstellt, verlegt man diesen Nullpunkt um den Betrag $\log \frac{4}{\pi}$ zurück, zieht also letzteren bei der schließlichen Ablesung thatsächlich ab.

Gebrauch: Man stellt den Indexstrich auf die Zahl der unteren Teilung, welche der Höhe des Stammes entspricht, und liest auf derselben dort, wo sich an der oberen Teilung die Zahl des gemessenen Mittendurchmessers befindet, den Inhalt des Stammes in Hundertstel Festmeter ab.

Der Kubierungskreis ist mit Beschreibung zu beziehen durch die Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin.

Der Selbstkubierungsmeterstab vom Oberförster M. Schinzel (A. F. u. J.-Z. 1885, S. 244) ist ein für Zwecke der Holzmeßkunde eingerichteter Rechenschieber, bestehend aus zwei losen Stäben mit je zwei logarithmischen Einteilungen, die eine zur Ermittelung des Produkts: Breite × Dicke × Länge für Kanthölzer, die andere zur Inhaltsermittelung von Rundhölzern. Die Anwendung ist dieselbe wie bei jedem gewöhnlichen Rechenschieber.

Preis 3 Mark. Zu beziehen vom Oberförster Schinzel, Großlobming bei Knittelfeld, Steiermark.

Der Rundholzrechenapparat Kubus von Edmund Schneider soll das Aufsuchen in der Kubiktabelle ersparen bezw. erleichtern. Zu dem Zwecke sind auf einem Cylindermantel die Inhalte für den Durchmesser 10 bis 70 cm aufgedruckt und zwar so geordnet, daß die Inhalte für dieselbe Länge parallel zur Cylinderachse nebeneinander stehen. Diese Walze ist um ihre Achse drehbar eingeschlossen in eine Blechhülse, welche einen Schlitz parallel zu dieser Achse besitzt, durch welchen hindurch die Inhaltszahlen immer nur für eine Stammlänge abgelesen werden können, während alle anderen verdeckt bleiben. Am

Rande des Schlitzes sind auf der Blechhülse an der entsprechenden Stelle die den Inhaltszahlen entsprechenden Durchmesser aufgedruckt.

Bei der Anwendung wird durch Drehen der Walze die gemessene Stamm-

Fig. 50.

länge auf den Schlitz eingestellt und der Inhalt über der Durchmesserziffer auf dem Cylindermantel abgelesen.

Ohne Zweifel erleichtert das Instrument das die Augen stark anstrengende Aufsuchen in einer Tabelle und darf bestens empfohlen werden.*)

Zu beziehen vom Erfinder: Sägewerksbesitzer Edmund Schneider in München. Preis 9 Mark.

Besondere stereometrische Kubierung nach Erfahrungszahlen.

1. Kubierung der Klötze aus Oberstärke und Länge.

Kurze Stammstücke (Klötze, Bloche) werden auf den Schlägen häufig der Platzersparnis, auch der Losbildung beim Verkauf halber zu größeren Haufen (Rollen) vereinigt. In diesem Falle ist ein nachträgliches Messen des Mittendurchmessers nicht gut angängig, wohl aber liegen die Stirnflächen frei, so daß man diese zur Inhaltsermittelung benutzen kann. Das könnte nun z. B. geschehen mit Hilfe der Smalianschen Formel, einfacher aber ist es in diesem Falle, aus Oberstärke und Länge nach Erfahrungszahlen zu kubieren. Man hat hierbei zugleich den Gewinn, daß der den Wert eines Klotzes, wenigstens bei Brettware, bestimmende obere Durchmesser benutzt und dem Käufer hierdurch gleichzeitig bekannt wird.

Zu diesem Zwecke war es erforderlich, entsprechende Erfahrungszahlen zu gewinnen. Es wurden hierzu eine große Anzahl gleichlanger Klötze sorgfältig sektionsweise kubiert, aus der Summe der Inhalte für gleichlange und -starke Klötze das arithmetische Mittel für einen Klotz gewonnen und die Resultate nach erfolgtem rechnerischen oder graphischen Ausgleich etwa vorhandener Unregelmäßigkeiten in übersichtlichen Tabellen zusammengestellt.

Es liegt auf der Hand, daß so gewonnene Zahlen selbst für dieselbe Holzart Differenzen aufweisen, wenn das untersuchte Material verschiedenen Wachstumsgebieten oder Bonitäten angehörte. So kommt es, daß derartige Tafeln immer nur für ein beschränktes Gebiet Anspruch auf fehlerloses Arbeiten haben und bei allem darf man nicht übersehen, daß sie Durchschnittswerte

*) Vergl. F. Zbl. 1895, S. 508. Ö. F. 1895, S. 137. Ö. V. 1895, S. 176.

darstellen und infolgedessen auch einmal einzelne Stammstücke recht fehlerhaft kubieren können. Wertvolle Einzelklötze sollte man deswegen immer lieber aus der Mittenstärke kubieren, wie dies thatsächlich in vielen Forstverwaltungen, in einigen sogar für alle Klötze, vorgeschrieben ist.*) Auch der Umstand, von welchem Teile eines Stammes ein Klotz herrührt, spielt hierbei infolge des Wechsels in der Form je nach den einzelnen Stammpartien eine große Rolle.

Es zeigen hiernach die einzelnen Massentafeln für Klötze nach Oberstärke, wie sie sich in den meisten der vorgenannten Kubierungstafeln, in allen Forstkalendern 2c. finden, bemerkbare Unterschiede, wie nachfolgender Auszug aus den bekanntesten derartigen Tafeln zeigt. Solche Tabellen wurden bereits 1856 vom Forstdirektor H. Burckhardt**), später von Kunze***) für die Sächsische, von Salvadori†) für die Österreichische Staatsforstverwaltung aufgestellt.

Nach diesen soll z. B. ein 5 m langer Klotz folgende Festgehalte haben:

Nach	Gültig für	Bei einer Oberstärke von cm						
		10	20	30	40	50	60	70
Cotta	Nadelholz überhaupt	0,07	0,21	0,43	0,72	1,10	1,55	2,09
Salvadori	„	—	0,22	0,42	0,72	1,10	1,56	2,09
Preßler-Neumeister	Fichte	0,06	0,20	0,42	0,71	1,08	1,54	2,07
Derselbe	Kiefer	0,07	0,21	0,43	0,73	1,11	1,56	2,10

Eine Massentafel für Nadelholzklötze aus Oberstärke siehe Seite 91.

2. Kubierung der Stangen aus Unterstärke und Länge.

Eine spezielle Kubierung der in jedem Forstreviere alljährlich in vielen Tausenden zum Einschlage kommenden Stangen würde einen Zeitaufwand erfordern, der in den meisten Fällen nicht im Verhältnisse zu dem Werte dieser Sortimente stehen würde. Zudem gelangt auch gerade dies Sortiment immer in größeren, eine abgerundete Zahl von Stangen enthaltenden Haufen zur Aufbereitung und zum Verkaufe, so daß eine summarische Kubierung hier wohl am Platze ist. Es werden daher die Stangen in der Regel aus Länge und Unterstärke kubiert und entsprechende Erfahrungstafeln in derselben Weise wie die Massentafeln für Klötze berechnet. Eine Fraglichkeit könnte nur über die Lage des Meßpunktes der Unterstärke entstehen und in der That zeigen die einzelnen Tabellenwerke in diesem Punkte auch Abweichungen.

*) Z. B. in Baden.

**) H. Burckhardt, Die Fichte und Kiefer in Bezug auf Form, Sortiment und Inhalt. Hannover 1856.

***) Kunze, Massentafel für Nadelholzklötze nach Oberstärke. Dresden 1870.

†) Auszug bei Langenbacher und Nossek, Holzmeßkunde, S. 125.

Massentafel für Nadelholzklötze nach Oberstärke.*)

Oberer Durchmesser in Centimetern	Länge in Metern					Oberer Durchmesser in Centimetern	Länge in Metern				
	3	3,5	4	4,5	5		3	3,5	4	4,5	5
	Festmeter						Festmeter				
10	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	41	0,43	0,51	0,59	0,67	0,76
11	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	42	0,45	0,54	0,62	0,70	0,79
12	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	43	0,47	0,56	0,65	0,74	0,83
13	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	44	0,49	0,59	0,68	0,77	0,86
14	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	**45**	0,52	0,61	0,71	0,80	0,90
15	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	46	0,54	0,64	0,74	0,84	0,94
16	0,08	0,09	0,11	0,13	0,15	47	0,56	0,66	0,77	0,87	0,98
17	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	48	0,59	0,69	0,80	0,90	1,02
18	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	49	0,61	0,72	0,83	0,94	1,06
19	0,10	0,12	0,15	0,17	0 19	**50**	0,63	0,75	0,86	0,98	1,10
20	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	51	0,66	0,78	0,89	1,01	1,14
21	0,12	0,15	0,17	0,20	0,23	52	0,68	0,81	0,93	1,05	1,18
22	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	53	0,71	0,84	0,96	1,09	1,23
23	0,15	0,17	0,20	0,24	0,27	54	0,73	0,87	1,00	1,13	1,27
24	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29	**55**	0,76	0,90	1,03	1,17	1,31
25	0,17	0,20	0,24	0,27	0,31	56	0,79	0,93	1,07	1,21	1,36
26	0,18	0,22	0,26	0,29	0,33	57	0,82	0,96	1,11	1,25	1,41
27	0,20	0,23	0,27	0,31	0,35	58	0,84	0,99	1,14	1,30	1,46
28	0,21	0,25	0,29	0,34	0,38	59	0,87	1,03	1,18	1,34	1,50
29	0,22	0,27	0,31	0,36	0,40	**60**	0,90	1,06	1,22	1,38	1,55
30	0,24	0,28	0,33	0,38	0,43	61	0,93	1,09	1,26	1,43	1,60
31	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	62	0,96	1,13	1,30	1,48	1,65
32	0,27	0,32	0,37	0,43	0,48	63	0,99	1,17	1,34	1,52	1,70
33	0,29	0,34	0,40	0,45	0,51	64	1,02	1,20	1,38	1,57	1,76
34	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	**65**	1,05	1,24	1,42	1,61	1,81
35	0,32	0,38	0,44	0,50	0,57	66	1,08	1,27	1,46	1,66	1,86
36	0,34	0,40	0,47	0,53	0,60	67	1,12	1,31	1,51	1,71	1,92
37	0,36	0,42	0,49	0,56	0,63	68	1,15	1,35	1,55	1,76	1,97
38	0,37	0,44	0,51	0,58	0,66	69	1,18	1,39	1,60	1,81	2,03
39	0,39	0,47	0,54	0,61	0,69	**70**	1,22	1,43	1,64	1,86	2,09
40	0,41	0,49	0,57	0,64	0,72						

*) Nach Cottas Kubiktafeln, 16. Aufl. Leipzig 1886.

Bekanntlich wird nach § 2 und 3 der Bestimmungen über die Einführung gleicher Holzsortimente im deutschen Reiche von 1875 bei Stämmen und Stangen der entscheidende Durchmesser für die Zugehörigkeit zum Sortiment zur Vermeidung des Wurzelanlaufes bei 1 m oberhalb des unteren Endes gemessen. Es liegt nun nahe, auch für die Abgreifung der einzelnen unteren Durchmesser zum Zwecke der Kubierung denselben Punkt zu wählen. So ist dies z. B. auch in Preußen oder bei den Tafeln des Vereins forstlicher Versuchsanstalten der Fall. Der Umstand jedoch, daß dann eine Durchmesserprüfung von fertig aufbereiteten Stangenhaufen erschwert ist und außerdem bei sehr schwachen und daher kurzen Stangen auch der Meßpunkt stark nach der Mitte zu rückt, hat andere Forstverwaltungen, z. B. die sächsische, veranlaßt, die Unterstärke der Stangen, unbeschadet jenes Meßpunktes bei 1 m, welcher über die Zugehörigkeit zum Sortiment, zum Derbholz oder Reisholz entscheidet, bereits 10 cm vom unteren Ende entfernt zu suchen.

In Hessen werden übrigens seit längerer Zeit auch die Stangen wie die Stämme aus Länge und Mittendurchmesser kubiert.

In neuerer Zeit haben sich mit der Aufstellung von Kubiktabellen für Stangen besonders befaßt Dr. Th. Nördlinger (A. F. u. J.-Z. 1883 und 1886) sowie Oberforstrat K. Schuberg (F. Zbl. 1885).

Eine Anschauung über den Einfluß verschiedener Meßpunkte möge folgende, den Preßler-Neumeisterschen (Meßpunkt bei 0,1 m), den Cottaischen nach Kunze (Meßpunkt bei 0,5 m) und den offiziellen Badischen Tafeln (Meßpunkt bei 1,0 m) entnommene Zusammenstellung geben.

100 Fichtenstangen enthalten Festmeter

Durchmesser in cm	3 m lang			5 m lang			7 m lang			9 m lang		
	gemessen bei m											
	0,1	0,5	1,0	0,1	0,5	1,0	0,1	0,5	1,0	0,1	0,5	1,0
3	0,12	0,13	0,13	0,20	0,20	0,19	—	—	0,27	—	—	—
5	0,38	0,35	—	0,55	0,54	—	0,77	0,72	0,78	0,99	0,90	1,08
7	0,62	—	—	1,03	1,06	—	1,44	1,41	—	1,85	1,76	1,88
9	—	—	—	—	—	—	2,25	2,34	—	2,90	2,92	3,08
11	—	—	—	—	—	—	3,15	—	—	4,05	4,36	—

Im Allgemeinen scheint hierin wohl die zu vermutende Erscheinung, daß nämlich mit dem Hinaufrücken des Meßpunktes der Festgehalt zunehmen müsse, erfüllt. Nur tritt sie gerade dort, wo man sie am ersten vermuten sollte, bei den kurzen Stangen, am wenigsten klar zu Tage, ein Beweis, daß man sich bei Bestimmung dieses Meßpunktes wohl von praktischen Erwägungen leiten lassen kann, natürlich vorausgesetzt, daß die obigen Zahlen nicht durch Verschiedenheiten im Wachstumsgebiete, sowie der Bearbeitung getrübt sind.

Massentafel für Fichtenstangen nach Unterstärke.*)

Länge in m	Unterstärke in cm gemessen 0,1 m über dem Abhieb														Länge in m
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	100 Stangen enthalten Festmeter														
1	0,02														1
2	0,04	0,08													2
3	0,05	0,12	0,21												3
4	0,07	0,16	0,29	0,44	0,62	0,82									4
5	0,08	0,20	0,36	0,55	0,77	1,03	1,31	1,61							5
6		0,24	0,43	0,66	0,93	1,24	1,57	1,93							6
7			0,50	0,77	1,08	1,44	1,83	2,25	2,69	3,15					7
8				0,88	1,24	1,65	2,09	2,57	3,08	3,60	4,13				8
9					1,39	1,85	2,36	2,90	3,46	4,05	4,65	5,25			9
10						2,06	2,62	3,22	3,85	4,50	5,17	5,84	6,51	7,18	10
11							2,88	3,54	4,23	4,95	5,68	6,42	7,16	7,90	11
12								3,86	4,62	5,40	6,20	7,01	7,81	8,62	12
13									5,00	5,85	6,72	7,59	8,47	9,33	13
14										6,30	7,23	8,17	9,12	10,05	14
15											7,75	8,76	9,77	10,77	15
16												9,34	10,42	11,49	16
17													11,07	12,21	17

*) Nach Cottas Tafeln zur Bestimmung des Inhalts ꝛc. Leipzig 1886, die hierin mit den forstlichen Kubierungstafeln von Preßler-Neumeister übereinstimmen.

Zweiter Abschnitt.

Physikalische Methoden der Inhaltsbestimmung.

Mittels des bisher geschilderten stereometrischen Verfahrens läßt sich der Inhalt aller geraden Stammstücke ermitteln. Auch Äste können in derselben Weise mit genügender Genauigkeit kubiert werden, sofern sie, in kurze, etwa meterlange Sektionen zerlegt, dann in diesen einen noch einigermaßen geraden Verlauf zeigen. Ganz unregelmäßig geformte oder sehr dünne Zweige, Wurzelknollen, Laubmengen u. a. m. dagegen bieten der stereometrischen Methode zu große oder ganz unüberwindliche Schwierigkeiten und können nur mit Hilfe eines der folgenden physikalischen Verfahren kubiert werden.*)

A. Inhaltsermittelung durch Aichung, Xylometrie.

Ein jeder vollständig unter eine Flüssigkeit getauchter Körper verdrängt soviel von derselben, als sein eigenes Volumen beträgt. Will man daher die Masse irgend eines Stück Holzes mit Benutzung dieses physikalischen Gesetzes ermitteln, so hat man nur nötig, dasselbe in irgend ein Gefäß mit Wasser unterzutauchen und die verdrängte Wassermenge zu messen. Das kann auf jede beliebige Weise geschehen, für die Zwecke der Holzmassenermittelung hat man jedoch besondere Apparate (Xylometer, Aichgefäße) konstruiert, welche derartige Arbeiten sehr erleichtern. Man wird hierbei, wenn man von veralteten Verfahren absieht, zweierlei Konstruktionen unterscheiden müssen.

Entweder nämlich kann man die verdrängte Wassermenge aus der Steighöhe des Wassers im Aichgefäß, dessen Querschnitt dann bekannt sein muß, ermitteln (Reißigsches Prinzip), oder aber dieselbe zum Abfließen bringen und dann in einem besonderen Maßgefäße messen (C. Heyersche Methode).

Xylometer nach Reißig.

Schon Wilh. Hoßfeld**) benutzte 1812 einen gedichteten Holzkasten, den er zur Hälfte etwa und zwar bis zu einer bestimmten Marke mit Wasser füllte. Nach dem Untertauchen des zu messenden Holzstückes markierte er an der inneren Wand des Kastens den neuen Wasserstand und erhielt durch

*) Eingehende Ausführungen hierüber siehe: v. Baur, Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde, Augsburg 1879 sowie dessen Lehrbuch der Holzmeßkunde. Ferner v. Ganghofer, Das forstliche Versuchswesen, 1881, S. 85.

**) W. Hoßfeld, Niedere und höhere praktische Geometrie. Leipzig 1812.

Multiplikation des Abstands desselben von jener Marke mit der ihm bekannten Wasserfläche den gesuchten Inhalt. Der bayrische Forstmeister Egger*) verbesserte diesen Apparat, indem er an der Innenwand dieses Kastens eine Skala anbrachte, welche das Volumen direkt abzulesen gestattete. Von dem hessischen Oberforstsekretär Reißig in Darmstadt**) rührt nach v. Baur der Name und der Grundgedanke unserer heutigen Xylometer her. Derselbe benutzte, allerdings fast gleichzeitig mit Dr. Klauprecht***), zum ersten Male eine an der Außenseite des Xylometers angebrachte kommunizierende Glasröhre, an welcher der Wasserstand im Innern desselben ersehen werden konnte.

Nach dieser, in der Folgezeit von Th. Hartig, A. v. Ganghofer, in Sonderheit aber auch von F. v. Baur in der Ausführung vervollkommneten Idee sind die meisten modernen Xylometer konstruiert.

Ein solches Xylometer besteht aus einem etwa 1,5 m Höhe und 0,5 m Durchmesser zeigenden cylindrischen Gefäß aus starkem Zinkbleche, welches zum Schutze vor Einbeulungen und dadurch bedingten Volumenänderungen mit 4 starken Eisenreifen, noch besser aber mit einem vollständigen Holzmantel umgeben ist. Es faßt, wenn es ganz voll ist, etwas über $^1/_4$ Kubikmeter Wasser. In etwa ein Drittel der Höhe ist die Wand durchbohrt und mit einem Ansatz versehen, in welchen das untere Ende einer etwa 6 bis 8 mm lichte Weite zeigenden Glasröhre mittels Gummidichtung oder eines mit der Röhre verkitteten Messingröhrchens wasserdicht eingesetzt werden kann. Durch diese über den Boden des Gefäßes erhöhte Lage der Zuflußöffnung ist die Glasröhre vor dem Eindringen von Unreinigkeiten, wie Moos, Rindenstückchen, gesichert, zu weiterem Schutze ist überdies vor der Öffnung im Aichgefäß ein feines Drahtgeflecht als Seiher angebracht. Eine am vorderen Kopfe des Ansatzes angebrachte, mit einer Schraube verschlossene Öffnung gestattet überdies, nach der Entfernung jener, leicht die Reinigung des Ansatzes, ein Hahn erlaubt den Abschluß gegen das Aichgefäß. Die Glasröhre wird weiter am oberen Ende durch eine Kappe festgehalten und ist zum Schutze vor Beschädigungen beim Gebrauche seitwärts von zwei eisernen Lamellen umgeben. Während des Transportes wird sie herausgenommen und sicher

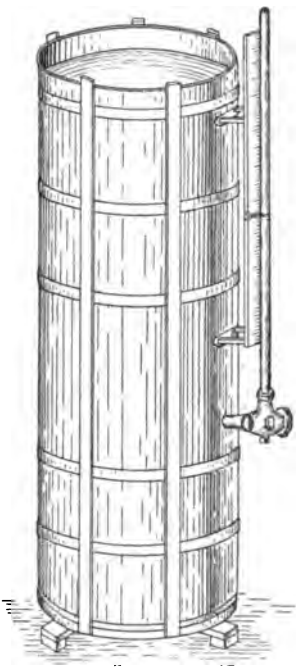


Fig. 51.

*) Wedekind und Behlen, Allg. Jahrbücher der Forstkunde. 1835, IV. Heft.

**) Wedekind, Neue Jahrbücher der Forstkunde. 1846, S. 9.

***) J. L. Klauprecht, Holzmeßkunst. Karlsruhe 1846.

verpackt. Hinter der Glasröhre befindet sich die Skala, an der die Ablesungen mit Hilfe eines kleinen Metallschiebers, welcher sich an jenen beiden Lamellen auf- und abbewegen läßt und genau auf den Wasserstand in der Röhre eingestellt werden kann, sehr sicher erfolgen können. Dicht am Boden des Aichgefäßes befindet sich noch eine mit einer Schraube geschlossene Öffnung zum Ablassen des Wassers.

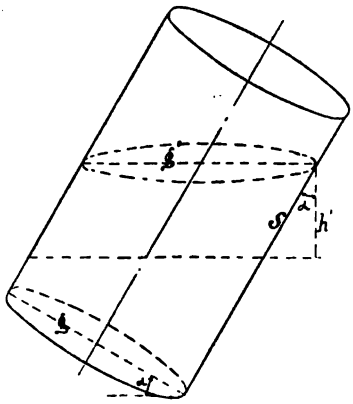


Fig. 52.

Vielfach ist noch ein Lot angebracht, um den ganzen Apparat senkrecht aufstellen zu können. Bei genau cylindrischem Gefäß ist dies aber überflüssig, wie schon Langenbacher in seiner Forstmathematik wie folgt bewies:

Sind g und h die Grundfläche und Höhe des durch einen untergetauchten Körper verdrängten Wassercylinders, so ist der Inhalt dieses Körpers $v = gh$. Durch Neigen des Gefäßes um den Winkel α ändert sich g in g' und die Höhe der Wassersäule von h in h', die Ablesung S an der Glasröhre aber wird dieselbe sein. Denn offenbar bleibt das Volumen des Wassercylinders $v = g'h'$ dasselbe wie früher, nämlich $= gh$. Es ist nur $g' = \frac{g}{\cos \alpha}$ und $h' = S \cos \alpha$ und man erhält durch Einsetzen dieser Werte in den Ausdruck $gh = g'h'$

$$gh = \frac{g}{\cos \alpha} \cdot S \cos \alpha = gS.$$

Es muß also $h = S$ sein und zwar in allen Lagen des Gefäßes.

Für besondere Zwecke kann man selbstverständlich dem Xylometer abweichende Formen und Größen geben, worauf hier nicht näher eingegangen zu werden braucht; der abgebildete ist der beim badischen Versuchswesen gebräuchliche.

Der Preis des beschriebenen Apparates stellt sich auf etwa 100 Mark. Derselbe wird von allen renommierten Mechanikern geliefert.

Die Aichung des Xylometers und Einteilung der Skala geschieht in folgender Weise. Man füllt das Gefäß mit Wasser bis dies in der Glasröhre erscheint. Diese Stelle ergiebt den Nullpunkt der Einteilung an der Skala. Hierauf werden nach und nach genau je 5 l Wasser zugegossen und der jedesmalige Wasserstand an der Skala vermerkt, bis das Gefäß gefüllt ist. Die Zwischenräume zwischen den so gewonnenen Teilstrichen an jener werden mit Hilfe eines Zirkels weiter in 5 oder 10 gleiche Teile geteilt, so daß man dann 1,0 bezw. 0,5 cdm noch ablesen, Bruchteile davon ziemlich sicher schätzen kann.

Zum Gebrauche füllt man den annähernd senkrecht stehenden Apparat

ungefähr bis zur Hälfte mit Wasser und liest den Stand desselben an der Skala ab, z. B. 110,0 l. Hierauf wird das zu messende Holzstück vollständig in das Wasser getaucht und, vielleicht mit Hilfe eines dünnen Eisenstabes, in dieser Lage festgehalten, hierauf der Wasserstand von Neuem abgelesen, z. B. 123,5 l, dann muß der gesuchte Inhalt gleich 123,5 — 110,0 = 13,5 cdm sein.

In derselben Weise wird fortgefahren, sodaß also für jede Messung allemal zwei Ablesungen sich nötig machen. Diese kann man auf je eine reduzieren, wenn man eine verstellbare Skala*) anwendet, deren Nullpunkt jedesmal vor dem Eintauchen des Holzstückes auf den Wasserstand in der Glasröhre eingestellt werden kann. Bei solcher Einrichtung liest man dann den gesuchten Inhalt selbst direkt ab, was große Vorteile bietet.

Derartig eingerichtete Xylometer (System Böhmerle), überdies mit Noniuseinrichtung versehen, liefern z. B. Gebr. Fromme in Wien für ca. 135 Mark einschließlich Transportkiste.

Xylometer nach Heyer.

Viel weniger bequem und schließlich auch nicht genauer ist das Arbeiten mit Xylometern nach Karl Heyers Idee.**) Dieser füllte ein geeignetes cylindrisches Gefäß vollständig mit Wasser, bis es aus einer in der Nähe des oberen Randes angebrachten Ausflußöffnung herauslief. Nach dem Aufhören des Ausfließens wurde das zu untersuchende Stück vorsichtig untergetaucht und das nunmehr infolge Steigens des Wasserspiegels wieder auslaufende Wasser in einem untergehaltenen anderen Gefäße aufgefangen und dann genau gemessen. Seine Menge entspricht dem Inhalte des Holzstückes.

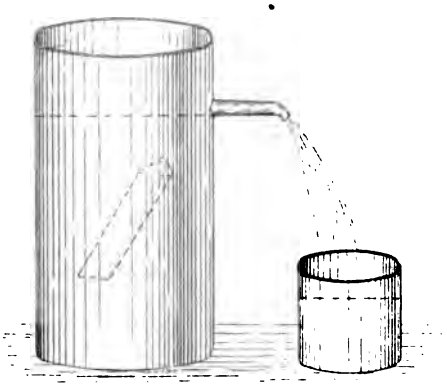


Fig. 53.

Ganz ähnlich ist das Xylometer von R. Hartig,***) nur daß dieser einen viereckigen Eisenkasten verwendete, die Ausflußöffnung verfeinerte und sich zum Abmessen des Wassers graduierter Meßcylinder bediente, sodaß er noch 0,0025 l genau bestimmen konnte.

Einen besonderen Vorteil gegenüber den Reißigschen Xylometern kann dies Verfahren nicht bieten. Es ist im Gegenteil der erforderliche Zeitaufwand unverhältnismäßig groß, nach

*) Vergl. z. B. Böhmerles verstellbare Xylometer-Ablesevorrichtung. Z. f. d. g. F. 1888, S. 33.

**) Dr. K. Heyer, Anleitung zu forststatischen Untersuchungen. Gießen 1846, S. 58.

***) Dr. R. Hartig, Das spezifische Frisch- und Trockengewicht ꝛc. des Kiefernholzes. Berlin 1874.

v. Seckendorfs Angaben*) etwa der siebenfache gegenüber jenen, und für Arbeiten, bei denen es auf minutiöse Genauigkeit ankommt, leisten die noch zu erwähnenden Präzisionsxylometer bessere Dienste. Wohl aber kann man einmal von dem Verfahren Gebrauch machen, wenn man in die Lage versetzt ist, eine gelegentliche Festgehaltsuntersuchung vornehmen zu müssen, ohne im Besitze eines Xylometers zu sein. In diesem Falle genügt ein entsprechend hergerichtetes größeres Faß, das mit einer Ausflußöffnung versehen wird, und ein Litermaß, um so sehr einfach und sehr genau den Inhalt zu bestimmen.

Anm. 1) Zur genauesten Inhaltsuntersuchung von kleineren Holzstücken, von Laub, Nadeln, kleinen ganzen Pflanzen hat der k. k. Oberforstrat Friedrich in Wien besondere Präzisionsxylometer konstruiert, deren wesentlichste Idee die ist, daß man die zu messenden Körper in geschlossene Gefäßen eintaucht und das verdrängte Wasser in andere Gefäße leitet, wo es bis auf 1 cmm gemessen werden kann. Derartige Apparate haben indes mehr Bedeutung für feine Zuwachsuntersuchungen oder für rein botanische Zwecke, sodaß hier auf eine besondere Beschreibung verzichtet werden darf.**)

Der Apparat wird geliefert von Gebr. Fromme in Wien in verschiedener Ausführung zum Preise von 35 bis 86 fl., eine besondere Ausführung für 150 fl.

Anm. 2) Eine andere Möglichkeit, man könnte sie „indirekte Inhaltsbestimmung" nennen, besteht noch darin, daß man die zu untersuchenden Körper in ein leeres Gefäß thut und so lange Wasser hinzugießt, bis das Gefäß gefüllt ist. Kennt man dann den gesamten Fassungsraum des Gefäßes und stellt man die Menge des hinzugegossenen Wassers fest, so ergiebt die Differenz beider den Inhalt des untersuchten Körpers. Dieser Gedanke ist schon von Hennert 1782,***) allerdings in etwas unbehilflicher Weise, zur Inhaltsbestimmung der Schichtmaße verwendet, durch von Müllenkampf,†) König††) und Hundeshagen†††) (teilweis unter Benützung von Sand statt Wasser) weiterverfolgt und schließlich auch in neuerer Zeit in einem zu Eberswalde aufgestellten Apparat durch Schneider*†) ausgeführt worden. Der letztere Apparat besteht aus einem eisernen Kasten von 2 cbm Fassungsraum, in welchen das Holz eingelegt und durch Querleisten niedergedrückt wird. Aus einem höherstehenden geaichten zweiten Gefäß wird dann so lange Wasser hinzugelassen, bis der Wasserspiegel eine bestimmte Marke erreicht, die hierzu nötige Wassermenge aber an der Skala dieses zweiten Gefäßes abgelesen. Die Differenz derselben von 2 cbm giebt den gesuchten Inhalt. Der Apparat ist viel zu schwerfällig, nicht transportabel und unseres Wissens außer in Modellen, nirgends weiter ausgeführt worden.

---

*) v. Seckendorf, Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Österreichs. Wien 1878. 1. Heft S. 25.

**) Näheres darüber siehe Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Österreichs 1890, sowie Z. f. d. g. F. 1890 und 1894, S. 52.

***) C. W. Hennert, Anweisung zur Taxation der Forsten. Berlin u. Stettin 1791, S. 214.

†) Mitteilungen aus d. forstl. Vers.-Wesen Österreichs 1878. S. 7.

††) König, Anleitung zur Holztaxation. Gotha 1813. S. 65.

†††) Hundeshagen, Encyklopädie der Forstwissenschaft.

*†) Schneiders Forst- und Jagdkalender 1852. Beschreibung nach einem in der hiesigen Sammlung befindlichen Modell.

B. Inhaltsermittelung mit Hilfe des spezifischen Gewichtes, Hydrostatische Methode.

Nach einem bekannten Satze der Physik verliert jeder in Wasser getauchte Körper soviel von seinem Gewicht, als das von ihm verdrängte Wasser wiegt und da man im metrischen Maßsystem das Gewicht der Raumeinheit Wasser gleichzeitig als Gewichtseinheit benutzt, ergiebt die Zahl für jenen Gewichtsverlust, ausgedrückt in Kilogramm, sofort direkt die Zahl für die Volumeneinheiten des untergetauchten Körpers, ausgedrückt in Kubikdezimetern, vorausgesetzt nur, daß man Wasser im Zustande seiner größten Dichte von + 4,0 Cels. verwendet. Mit anderen Worten: Um den Inhalt eines Körpers zu bestimmen, braucht man nur seinen Gewichtsverlust beim Untertauchen in Wasser zu ermitteln, die Zahl der gefundenen Kilogramme giebt die Zahl der Kubikdezimeter an.

Angewendet auf Holz zeigt sich die Schwierigkeit, daß dasselbe in der Regel leichter ist als Wasser und hier nicht allein einen Gewichtsverlust, sondern sogar einen Auftrieb zeigt. Es muß also erst durch Verbindung mit einem spezifisch sehr schweren Körper, z. B. einem Stein, einem Eisengewichte zum Sinken gebracht werden. Alsdann ergiebt sich der Inhalt des Holzes v aus der Differenz der Gewichtsverluste P_2 der Verbindung, vermindert um den Gewichtsverlust P_1 des Beschwerungsstückes.

$$v = P_2 - P_1$$

Zur Ermittelung dieser beiden Größen bedarf man also eines hinreichend großen Wassergefäßes, einer Wage, sowie einer Vorrichtung, um diese Wage

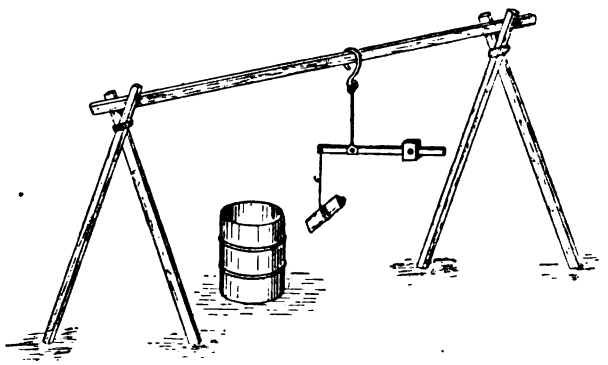


Fig. 54.

über dem Wassergefäß anbringen zu können. Am besten eignet sich hierzu die Schnellwage (römische Wage),*) die man an einem einfachen Gewicht im Walde jederzeit ohne Umstände aufhängen kann, wie beistehende Figur 54 andeutet.

*) Vergl. v. Ganghofer, Das forstliche Versuchswesen. München 1877, S. 97, ff.

Die Verwendung einer Brückenwage, deren Benutzung Prof. Dr. Müttrich*) sehr empfahl, bietet dem gegenüber viel mehr Umständlichkeiten dar, da man sie auf einer 1,0 bis 1,5 m hohen Unterlage, z. B. einem Scheitholzstoß aufstellen muß, um das an der Gewichtsschale hängende Holz in das Wassergefäß eintauchen zu können.

Im Besitze dieser oder ähnlicher Vorrichtungen ermittelt man zuerst das absolute Gewicht des Holzes samt dem Beschwerungsgewicht (Q_2), dann das des letzteren allein (Q_1), und sodann die Gewichte beider im Wasser (Q_2' und Q_1'). Die Differenzen ergeben die Gewichtsverluste P_2 und P_1, und deren Differenz wieder, wie schon bemerkt, das gesuchte Volumen $P = v$ des Holzes.

$$Q_2 - Q_2' = P_2$$

und

$$Q_1 - Q_1' = P_1$$

$$P_2 - P_1 = P = v.$$

Bei feineren Untersuchungen dieser Art können zwei Umstände das Resultat fehlerhaft beeinflussen, einmal die von + 4,0° Cels. verschiedene Wassertemperatur, sodann das Eindringen des Wassers in die Hohlräume des Holzes.

Um den Einfluß der Temperatur zu eliminieren, muß man die verschiedene Dichte des Wassers berücksichtigen. Dieselbe beträgt nach Marek*) bei luftfreiem Wasser:

Bei Grad Cels.	Dichte	Bei Grad Cels.	Dichte	Bei Grad Cels.	Dichte
∓ 0	0,999877	+ 7	0,999931	+ 14	0,999280
+ 1	999931	8	999879	15	999135
2	999970	9	999813	16	998978
3	999993	10	999733	17	998809
4	1,000000	11	999639	18	998628
5	0,999992	12	999532	19	998437
6	999969	13	999412	20	998234

Lufthaltiges Wasser ist nur um Weniges weniger dicht, im Maximum bei + 8° um 0,0000034.

Hätten wir bei einer Wassertemperatur von t° und einer entsprechenden Dichte D das (noch fehlerhafte) Volumen $v_1 = P_2 - P_1$ gefunden, so muß sich offenbar das richtige Volumen v zu diesem verhalten wie

$$\frac{v_1}{v} = \frac{P_2 - P_1}{v} = \frac{D}{1};$$

daraus

$$v = \frac{P_2 - P_1}{D} = \frac{P}{D}.$$

*) Vergl. Z. f. F. u. J. 1876, S. 439.

**) Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik. Braunschweig 1898. 2. Bd, S. 91.

Die zweite Fehlerquelle, welche in höherem Maße vielleicht bei den xylometrischen Untersuchungen zu fürchten ist, macht sich nur geltend, wenn man das Holz längere Zeit unter Wasser läßt und wenn man stark eingetrocknetes Holz untersuchen muß, welches begierig Wasser auffaugt. In diesem Falle ermittelt man die Menge des eingedrungenen Wassers, indem man das Holzgewicht vor und nach dem Eintauchen genau bestimmt, und vermehrt das gefundene Volumen um diesen Betrag; denn durch das Eindringen des Wassers ins Holz wird dessen Auftrieb vermindert, d. h. das Gewicht im Wasser vergrößert. Wenn man dann diesen vergrößerten Betrag von dem absoluten Gewicht des Holzes abzieht, muß man eine zu kleine Gewichtsdifferenz, d. h. zu wenig Inhalt bekommen. Also muß man zu diesem das Volumen des eingedrungenen Wassers hinzufügen.

Es liegt nahe, bei solchen Untersuchungen zugleich das Gewicht für die Volumeneinheit, d. h. das spezifische Gewicht s des Holzes mit zu bestimmen. Bezeichnen wir das absolute Gewicht der zu untersuchenden Holzprobe mit q, ihr Volumen mit v, so ist das spezifische Gewicht

$$s = \frac{q}{v}.$$

Beispiel. Bei einer Wassertemperatur von 16° Cels. möge sich ergeben haben in Kilogrammen:

	Gewicht von		
	Holz und Beschwerung	Beschwerung allein	somit Holz allein
In der Luft	$Q_2 = 30{,}1$	$Q_1 = 7{,}5$	$Q = 22{,}6$
Im Wasser	$Q_2' = 1{,}45$	$Q_1' = 6{,}5$	Auftrieb $= 5{,}05$
Gewichtsverluste	$P_2 = 28{,}65$	$P_1 = 1{,}0$	$P = 27{,}65$

Unter Berücksichtigung der Wassertemperatur ergiebt sich dann statt des unrichtigen $v_1 = 27{,}65$ cbdm ein richtiges Volumen

$$v = \frac{P}{D} = \frac{27{,}65}{0{,}998978} = 27{,}68 \text{ cbdm};$$

das spezifische Gewicht betrüge in diesem Falle

$$s = \frac{Q}{v} = \frac{22{,}6}{27{,}68} = 0{,}816.$$

Bei der vorstehend geschilderten Inhaltsermittelung wird das spezifische Gewicht des Holzes nicht selbst ermittelt, sondern spielt nur indirekt eine Rolle. Kennt man jedoch das spezifische Gewicht des zu messenden Holzes selbst, so läßt sich das Volumen des letzteren aus der Umkehrung jener eben angeführten Gleichung, nämlich aus

$$v = \frac{q}{s}$$

also durch Division des absoluten Gewichts durch das spezifische bekanntermaßen finden. Da jedoch, wie schon König*) betonte, das letztere, abhängig von Holzart, Sortiment, Wassergehalt ꝛc., außerordentlich wechselt, so darf man nicht die in Büchern enthaltenen Angaben ohne weiteres benutzen, sondern müßte es von Fall zu Fall immer von neuem ermitteln, was viel zu zeitraubend sein würde.

Im Anschlusse hieran seien noch die spezifischen Gewichte der wichtigsten Holzarten mitgeteilt, wie sie sich bei den Baurschen Untersuchungen ergeben haben:

Holzart	Grüngewicht				Lufttrocken (mit 12 bis 13 % Wasser)			
	Scheitholz		Knüppel	Reisig	Scheitholz		Knüppel	Reisig
	Splint	Kern			Splint	Kern		
Fichte, Winterfällung	0,892	0,717	0,881	0,926	0,457	0,445	0,534	0,511
„ Sommerfällung	0,703	0,469	0,812	0,795	0,457	0,445	0,534	0,517
Tanne, Winterfällung	—	—	0,937	—	—	—	0,469	—
Kiefer „	0,950	0,690	0,937	0,869	0,554	0,503	0,551	0,516
Weymouthskiefer, Winterfällung	—	—	0,927	—	—	—	0,342	—
Lärche „	—	—	0,929	—	—	—	0,624	—
Buche „	0,970	0,878	0,955	0,930	0,687	0,734	0,696	0,673
Stieleiche, jung „	0,998	1,144	1,022	—	0,706	0,825	0,745	—
Hainbuche „	—	—	1,019	1,045	—	—	0,762	0,780
Esche „	0,854	—	—	—	0,763	—	—	—
Spitzahorn „	1,051	0,933	—	—	0,741	0,797	—	—
Birke „	0,978	—	—	0,986	0,734	—	—	0,712
Aspe „	0,853	0,780	0,853	0,923	0,546	0,556	0,520	0,562
Schwarzerle „	0,922	0,779	0,778	0,942	0,559	0,566	0,502	0,489

C. Messen und Wägen.

Nicht als besondere Methode, sondern nur als eine Modifikation der unter A und B erläuterten Verfahren muß noch das „Messen und Wägen" angeführt werden. Hat man den Inhalt größerer Holzmengen zu ermitteln, so ist das namentlich bei dem Verfahren B eine äußerst zeitraubende Arbeit. Man kann diese aber abkürzen, wenn man annimmt, daß sich in einem und demselben Sortimente das Volumen V der ganzen Holzmenge zu dem Volumen v einer Probe verhalten muß, wie das absolute Gewicht Q der ersteren zu dem absoluten Gewicht q der Probe. Hieraus ergiebt sich das gesuchte Volumen der ganzen Holzmasse

$$V = \frac{Q}{q} v.$$

*) König, Anleitung zur Holztaxation, S. 63 und 64.

Man hat hierbei nur darauf zu achten, daß das Holz sehr gleichmäßig sortiert wird und daß man eine Probe auswählt, welche wirklich das Mittel darstellt. Deren Inhalt ermittelt man mittels Xylometers, hierauf ihr Gewicht q und schließlich das Gewicht der gesamten Holzmenge Q.

D. Festgehalt der Schichtmaße und der Rinde.

Alle Baumteile, welche nicht als Langnutzholz, (Stämme, Klötzer, Stangen) Verwendung finden sollen, werden in Schichtmaßen (Raummetern), oder in Wellen, d. h. Bündeln von bestimmter Länge und bestimmtem Durchmesser, bisweilen auch in Langhaufen, das sind aus unausgeasteten Stangen gebildete Haufen von vorgeschriebener Stirnfläche, aufgearbeitet und in diesem Zustande gemessen.

Über die Bildung dieser Sortimente, ihre Dimensionen, Schichtung und kubische Vermessung geben die bereits erwähnten „Bestimmungen über Einführung gleicher Holzsortimente ꝛc. vom Jahre 1875" einheitliche Vorschriften, welche gegenwärtig von den deutschen Staatsforstverwaltungen, allerdings mit einzelnen, unten ersichtlichen Abweichungen, sowie auch von den meisten Gemeinde- und Privatforstverwaltungen innegehalten werden*). Diese Bestimmungen, deren §§ 1 bis 8 bereits S. 8 wiedergegeben sind, besagen hierüber in der für Preußen gültigen Form.

Messungsverfahren und kubische Berechnung beim Bau- und Nutzholze.

A. Langnutzholz.

§ 9. Die kubische Berechnung der Stämme erfolgt für jeden Stamm auf Grund
a) der Mittenmessung in ganzen Centimetern, wobei Bruchteile von Centimetern unberücksichtigt bleiben,
b) der Längenmessung nach Metern und geraden Decimetern.

Es bleibt jedoch nachgelassen, bei kürzeren Stücken bis mit 5 m Länge (Blöcke, Klötze) den oberen Durchmesser messen und die Kubierung nach lokalen Erfahrungssätzen ausführen zu dürfen. Die Längen dieses Sortiments können nach einzelnen Decimetern abgestuft werden**)***).

§ 10. Die kubische Berechnung der Stangen ist nach den Bestimmungen des § 9 zu bewirken. Es genügt aber auch die Inhaltsberechnung nach Probestangen, die nach Vorschrift des § 9 gemessen und kubiert werden, und nach Durchschnittssätzen oder Erfahrungssätzen für die üblichen einzelnen Stangen- oder Gertenklassen.

§ 11. Die Messung hat mit der Rinde zu erfolgen. Ist aber das Holz vor der Messung entrindet, so erfolgt die Messung am entrindeten Holze, und zwar in der Regel ohne daß ein

*) In Baden z. B. zwangsweise auf Grund des Forstgesetzes vom Jahre 1833.

) **Württemberg. Zu § 9. Der letzte Absatz findet bei der württembergischen Forstverwaltung keine Anwendung. In Absicht auf das schwächere Stammholz (Nadelholzstammholz V. Klasse und Laubholzschwachholz) ist es gestattet, mehrere Stücke unter einer Nummer aufzunehmen und die Inhaltsberechnung nach Probestämmen zu machen.

***) **Baden.** Zu § 9. Der Schlußsatz dieses Paragraphen ist auf badische Verhältnisse nicht anwendbar.

Zuschlag für die unbenutzt bleibende Rindenmasse gemacht zu werden braucht. Ein solcher Zuschlag kann nach lokalen Erfahrungssätzen gemacht werden, wo in Nadelholzbeständen die Entrindung ohne Verwertung der Rinde notwendig wird.*) **) ***)

§ 12. Der Kubikinhalt ist stets in Festmetern und Hundertteilen derselben anzugeben†).

B. Schichtnutzholz.

§ 13. Nutzscheite und Nutzknüppel sind in Raummetern zu schichten.

Nutzreisig ist in Raummeter einzulegen††) und in Wellen zu binden und im letzteren Falle nach Wellenhunderten zu berechnen.†††) *†)

Die kubische Berechnung erfolgt wie beim Brennholze. (§ 17.)

§ 14. Nutzrinde. Die Aufarbeitung erfolgt nach Gewicht oder nach Raummaß. In beiden Fällen findet eine Reduktion auf Festmeter wie beim Brennholze (§ 17) statt.*††)

Schichtung und kubische Berechnung beim Brennholze.

a) Schichtung.

§ 15. Brennscheite, Brennknüppel, Brennrinde und Stöcke werden in Raummetern geschichtet.*†††)

---

*) **Sachsen.** § 11 lautet: Die Messung hat ohne Rinde zu erfolgen.

) **Württemberg. Zu § 11. Die Laubholzstämme und Stangen sind, wie bisher, mit der Rinde, die Nadelholzstämme dagegen, welche in der Regel vor der Messung entrindet werden, ohne Rinde zu messen.

Insoweit bei dem Nadelholze eine Aufbereitung der Rinde als Nutz- oder Brennrinde nicht stattfindet, ist für die ausgefallene Rindenmasse nach Erfahrungssätzen ein angemessener Zuschlag zu machen.

***) **Baden.** Zu § 11. Die Messung der Stämme und jener Stangen, deren Wert nach dem Festgehalte bestimmt wird, hat ohne Rinde zu erfolgen. Der Festgehalt der am Langnutzholz verbleibenden, aber nicht mit gemessenen oder sonstigen Rinde, deren Kubikgehalt verordnungsmäßig nicht anderweit zu berechnen ist, wird auf Grund örtlicher Erfahrungssätze nach Prozenten der ohne Rinde gemessenen Holzmasse eingeschätzt.

†) **Baden.** Zu § 12. Die Abrundung auf 2 Decimalstellen hat in der Weise zu geschehen, daß kleinere Teile als 0,01 Festmeter, wenn sie 0,005 oder weniger betragen, nicht berücksichtigt, dagegen wenn sie größer als 0,005 sind, für 0,01 genommen werden.

††) **Sachsen.** Nutzreisig ist in Raummeter oder in Langhaufen einzulegen oder in . . . ꝛc.

†††) **Baden.** Zu § 13 Absatz 1. Die Scheitlänge richtet sich nach dem Gebrauchszweck, Höhe und Breite der Beugen sind aber so zu wählen, daß der Raum, welchen das Nutzholz einnimmt, nach ganzen Kubikmetern sich berechnet. Die normalen oder Ordonnanzfaschinen erhalten eine Länge von 5 m und einen mittleren Umfang von 1 m, die Halbfaschinen eine Länge von 3 m bei demselben Umfang.

*†) **Baden.** Zu § 13 Absatz 2. Wo es bisher üblich war, die Faschinen in anderen Dimensionen, als den vorgeschriebenen, anzufertigen, ist das auch künftig zulässig, es muß aber auf Grund eines probeweisen Umbindens das Verhältnis zu dem Normalmaße festgestellt und hiernach die Holzmasse in das vorgeschriebene Ordonnanzmaß umgerechnet werden.

*††) **Württemberg.** Zu § 14. Die Nutzrinde ist, wie bisher, durchweg nach dem Gewichte aufzunehmen.

*†††) **Baden.** Zu § 15 Absatz 1. Die Länge der Scheite und Prügel (Knüppel) soll 1 m betragen. Der Inhalt einer Beuge, welche den Raum eines Kubikmeters einnimmt, heißt Raummeter oder Ster, zur Unterscheidung von einem Kubikmeter fester Holzmasse, abgekürzt „Festmeter".

Die Verordnung vom 14. April 1877 enthält ferner spezielle Vorschriften über Schichtung.

Brennreisig wird in Raummeter eingelegt*)**) oder in Wellen gebunden, im letzteren Falle nach Wellenhunderten berechnet***).

Wo nach örtlicher Übung oder wegen zeitlichen Arbeitermangels das Reisig zerstreut auf dem Platze umherliegend oder auf unregelmäßige Haufen zusammengeschafft zur Abgabe kommt, ist dasselbe auf Grund lokaler Erfahrungssätze nach Raummetern oder Wellenhunderten abzuschätzen.

§ 16. Bei der Schichtung in Raummeter ist vor allem die Gewährung eines richtigen Maßes — wenn möglich ohne Übermaß — festzuhalten. Wo aber längeres Belassen des Holzes im Walde es erforderlich macht, und insbesondere an Orten, wo Herkommen oder Rechtsverhältnisse die Beibehaltung eines bestimmten Übermaßes bedingen, kann dieses Übermaß gewährt werden und ist dann auch bei Feststellung der Reduktionsziffern zu beachten †)††)†††).

b) Kubische Berechnung.

§ 17. Neben dem Raumgehalte, welchen die Brennhölzer einnehmen, ist die Feststellung der Schichtmaße oder Wellenhunderte in Festmetern zu bestimmen.

Die Ermittelung der Reduktionsfaktoren zur Verwandlung von Raummaß oder Gewicht in Festmaß bei Brennholz, sowie bei Nutzrinde und Schichtnutzholz (§§ 13 und 14) bleibt einem besonderen Verfahren vorbehalten*†)*††)*†††).

---

*) **Sachsen.** . . . in Raummeter oder Langhaufen eingelegt oder . . . ꝛc.

) **Württemberg. . . . in Raummeter eingelegt, („sogenannte Reisprügel") oder in . . . ꝛc.

***) **Baden.** Zu § 15 Absatz 2. Das Binden in Wellen und die Berechnung in Wellenhunderten ist Regel. Die Wellen sollen 1 m in der Länge und 1 m im Umfange haben.

†) **Sachsen.** § 16. Bei der Schichtung von Raummetern ist vor allem die Gewährung eines richtigen Maßes — wenn möglich ohne Übermaß — festzuhalten. (Vgl. § 50 der Revierverwalter-Instruktion.)

††) **Württemberg.** Zu § 16. Da bei der bisherigen Forstverwaltung durch Herkommen oder Rechtsverhältnisse die Bewilligung eines Übermaßes nicht bedingt ist, sondern die früher etwa noch übliche Überlage bei der Einführung des Metermaßes und Umrechnung der früheren Holzabgaben in das neue Maß schon berücksichtigt worden ist, so verbleibt es bei der seitherigen Bestimmung, wonach volles Maß, aber kein Übermaß gegeben werden soll.

†††) **Baden.** Zu § 16. Ein Übermaß ist nur als Schwindmaß, d. h. wo ein längeres Belassen des Holzes im Walde es erforderlich macht, zulässig, und darf in keinem Falle mehr als 4 Prozent der in Rechnung kommenden Höhe der Beugen, also bei 1 m Höhe nur bis zu 4 cm betragen.

*†) **Sachsen.** . . . vorbehalten, und gelten bis dahin die zeitherigen Bestimmungen und Sätze.

*††) **Württemberg.** Zu § 17. Bis zu definitiver Feststellung der Reduktionszahlen ist gleichzusetzen:

1 Raummeter Scheit- oder Prügelholz = 0,7 fm.
1 „ Stockholz, Weißtannenrinde oder Reisprügel = 0,5 fm.
100 Stück Wellen = 2,0 fm.
1 Centner Eichen-Glanz- nnd Raitelrinde, sowie Fichtenrinde = 0,06 fm.
1 „ Eichen-Grobrinde = 0,07 fm.

*†††) **Baden.** Zu § 17. Die in § 5 der Ministerialverordnung vom 23. Dezember 1871 verkündigten Umwandlungszahlen haben bis auf weiteres Geltung, doch ist für die schwächeren Stangensortimente (Bohnenstangen, Floßwieden, Rebstecken und Hopfenstangen) unterm 26. April 1886 eine neue amtliche Kubiktafel (Meßpunkt 1 m über dem Abhieb) erschienen.

Rechnungseinheit.

§ 18. Die Rechnungseinheit für Holz bei Abschätzung und Abschätzungskontrole bietet das Kubikmeter fester Holzmasse (Festmeter).

Mit der Frage des Festgehaltes derartiger Raummaße hat man sich bereits im vorigen Jahrhundert beschäftigt und es hat z. B. Oettelt schon 1765, Hennert 1782 um die Ermittelung geeigneter Reduktionsfaktoren sich bemüht. Später haben die verschiedenen Staatsforstverwaltungen größere Versuche in dieser Richtung anstellen lassen (Hessen 1820, Baden 1838 u. 1870 Bayern 1840 ꝛc.) und zwar teils mit dem stereometrischen, teils mit dem xylometrischen Messungsverfahren.*) Die Einführung des Metermaßes in Deutschland machte es jedoch erforderlich, diese Untersuchungen für die neuen Abmessungen zu wiederholen, welche Aufgabe von Baur im Auftrage des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten in umfänglichster Weise ausgeführt und in dessen schon erwähnter Schrift: „Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde, Augsburg 1879", veröffentlicht worden ist, eine wertvolle Arbeit, deren Ergebnissen wir im Nachstehenden im Allgemeinen folgen dürfen. Für Österreich wurden analoge Arbeiten von v. Seckendorf bezw. Böhmerle vorgenommen.**) Hierbei stellte sich heraus, daß der Festgehalt der Raummaße von folgenden Umständen wesentlich beeinflußt wird.

Die den Festgehalt der Raummaße bedingenden Umstände.

1. Die **Holzart** beeinflußt den Festgehalt nur insofern wesentlich, als Arten, welche zu starker Borkenbildung und krummen, knorrigem Wachstum neigen, geringeren Festgehalt aufweisen. Es hängt das mit den unter Nr. 2 erwähnten Verhältnissen zusammen. Ein sicherer Unterschied der einzelnen Holzarten läßt sich nicht aufstellen, sondern nur ein solcher zwischen Laub- und Nadelholz konstatieren, immerhin aber ergeben sich bei letzterem durchschnittlich um 2 bis 8 % höhere Massen, wobei die größten Differenzen bei den schwächeren Sortimenten liegen. Es empfiehlt sich daher, für Laub- und Nadelholz getrennte Reduktionszahlen anzuwenden, dagegen würde der Erfolg der Benutzung von besonderen Faktoren auch für die einzelnen Holzarten nicht im rechten Verhältnis zur aufgewendeten Zeit und Mühe stehen, wie denn auch die Praxis davon Abstand genommen hat und sogar manchmal ziemlich summarisch in dieser Beziehung verfährt.

2) Die **Form und Stärke** der Holzstücke. Je gerader und glätter die Holzstücke sind, desto leichter werden sie sich, auch bei mangelnder Auf-

*) Vergl. hierzu insbesondere v. Seckendorf, M. a. d. f. V. W. Östr. I. Heft Wien 1877 S. 5 und v. Ganghofer, das forstliche Versuchswesen, Augsburg 1881. Im Ganzen weichen die Resultate der direkten Messung von den beim Xylometrieren gefundenen Werten nur unerheblich ab.

**) M. a. d. f. V. W. Östr. 1877 und 1881.

merksamkeit des Holzsetzers, ohne größere Zwischenräume aneinander fügen und desto größer ist dann der Festgehalt des Schichtmaßes Infolge dessen haben z. B. alle Raummeter aus Stammholz einen höheren Inhalt, als solche aus Astholz, daher rührt auch der Unterschied zwischen Nadel- und Laubholz. Je weniger Scheite den Raum einer Holzbeuge ausfüllen, desto mehr steigt der Festgehalt, obwohl jenes nach den Gesetzen der Stereometrie ganz gleichgültig sein müßte. Es wächst eben mit der Zahl der Scheite auch die Zahl der Zwischenräume, von denen jeder einzelne immer mehr als der theoretisch sich berechnende Raum beträgt. Indessen ist der Einfluß der Scheiterzahl bei den starken Scheitsortimenten viel erheblicher, als bei den schwächeren. Es drückt z. B. bei den Nutzscheiten die Vermehrung der Zahl von 26 auf 35 pro rm, also um etwa 34%, den Festgehalt bereits um 0,05 fm herab, während dies bei den Nutzknüppeln erst bei einer Vermehrung von 57 auf etwa 100 eintritt.

Die Baurschen Untersuchungen lassen diese Verhältnisse deutlich hervorgehen.

Der Einfluß der Form erhellt aus folgenden Zahlen:

Sortiment	Es enthält ein Raummeter			
Brennholzscheite	durchschn. Scheiterzahl pro rm	Festgehalt in fm bei		
		Laubholz	Nadelholz	zusammen
stark, glatt	29	0,76	0,75	0,75
„ knorrig	28	0,67	0,71	0,69
schwach, glatt	45	0,72	0,72	0,72
„ knorrig	43	0,65	0,68	0,66
Stockholz, schwach	—	0,45	0,46	0,46

Der Einfluß der Stärke kommt dagegen in nachstehenden Zahlen zur Erscheinung:

Sortiment	Es enthält ein Raummeter			
	durchschn. Scheiterzahl pro rm	Festgehalt in fm bei		
		Laubholz	Nadelholz	zusammen
Nutzscheite				
starke	26	0,80	0,80	0,80
schwache	35	0,74	0,77	0,75
Nutzknüppel				
starke	57	0,69	0,76	0,72
schwache	105	0,62	0,71	0,66

3. **Die Dimensionen der Raummaße.** Weil die Holzstücke niemals ganz gerade und glatte Körper sind, so muß die Wahrscheinlichkeit, daß beim Aufeinanderschichten derselben immer größere Zwischenräume zwischen ihnen bleiben, mit der Länge der einzelnen Scheite wachsen, während umgekehrt kurze Stücke sich leicht dichter aneinander fügen lassen. Alle Reduktionsfaktoren für den Festgehalt der Schichtmaße sind daher stets nur für eine einzige Scheitlänge gültig und es machten sich, wie bereits bemerkt, nach Einführung des Metermaßes erneute Untersuchungen in dieser Richtung nötig, welche für eine Scheitlänge von 1 m durchgeführt worden sind.

Dabei ist der Einfluß der Scheitlänge erheblicher, als man vielleicht von vornherein anzunehmen geneigt ist, und kann z. B. bei Vergrößerung der Scheitlänge von 0,3 auf 1,8 m Differenzen von 20 % ergeben. König giebt in seiner Holztaxation S. 121 folgende Tabelle:

Scheitlänge	Mittlerer Festgehalt bei Scheitholz		
	gerade	krumm	knotig
2 Fuß	0,76	0,70	0,66
3 „	0,74	0,67	0,62
4 „	0,72	0,64	0,58
5 „	0,70	0,61	0,54
6 „	0,68	0,58	0,50

Nach den von der hessischen Versuchsanstalt gewonnenen Erfahrungen betrug:

der Festgehalt bei Kiefer	bei einer Scheitlänge von	
	1 m	1,25 m
bei Scheitholz stark	0,735	0,699
„ „ schwach	0,696	0,649
„ Prügelholz stark	0,723	0,719
„ „ schwach	0,684	0,646

Auch die Höhe einer Holzbeuge ist nicht gleichgültig. Bei größerer Höhe wird sich das Holz durch sein Eigengewicht stärker zusammenpressen und einen höheren Festgehalt zeigen, was sich bei schwachen Sortimenten deutlich bemerkbar macht, wenn es auch zum Teil durch das unwillkürlich weniger sorgfältige Aufschichten bei hohen Stößen wieder ausgeglichen wird.

4. Die größere oder geringere **Sorgfalt der Arbeit** überhaupt vermag den Festgehalt wesentlich zu beeinflussen. Unbequeme Dimensionen der einzelnen Holzstücke, große Schwere, große Höhe der Holzbeugen bewirken namentlich bei schwächlichen Arbeitern ein Herabsinken des Festgehaltes. Es werden daher die Raummeterstöße in der Regel nur 1 m hoch gesetzt und

nur im Notfalle (Platzmangel im Gebirge) geht man darüber hinaus. Wellenhunderte, von kräftigen Arbeitern gebunden, zeigen höhere Massen, als etwa von Frauen angefertigte bei genau gleichen äußeren Dimensionen. Die Anwendung zweier seitlicher Stützpfähle bei Raummetern statt eines setzt den Festgehalt herab, weil gekrümmte Holzstücke in diesem Falle mit ihrer konkaven Seite weniger weit über die Begrenzungsebenen herausragen können. Bei schwachen Stützen, welche sich seitlich ausbiegen, oder bei solchen, welche durch keine Bindewiede verbunden sind, ergiebt sich ein Mehrgehalt.

Anm. Es versteht sich fast von selbst, daß man an Berghängen die Stützpfähle eines Raummeters entweder rechtwinkelig zur Neigungsebene mit einer am Boden gemessenen Entfernung von 1 m, oder aber, was viel zweckmäßiger ist und wohl überall angewendet wird, vertikal und in einer horizontalen gegenseitigen Entfernung von 1 m einschlagen muß, um gerade 1 qm Stirnfläche zu erhalten.

5. **Der Grad der Austrocknung.** Schließlich ist auch der Festgehalt der Schichtmaße dadurch noch Veränderungen unterworfen, daß das im gesunden Zustande frisch gefällte Holz nach einiger Zeit austrocknet und schwindet. Dies Schwindungsprozent beträgt z. B. nach Baur bis zu vollständig lufttrockenem Zustande

bei	Scheitholz	Knüppelholz	Reisholz.
Fichte	10%	10%	12%
Kiefer	9%	10%	12%
Tanne	—	7%	—
Lärche	—	13%	—
Buche	9%	9%	9%
Eiche	9%	10%	9%
Hornbaum	—	12%	12%
Esche	11%	—	—
Birke	13%	—	11%
Schwarzerle	12%	9%	15%

Diese Zahlen stellen die oberen Grenzen für die Größe des Schwindens im Walde dar, in dessen feuchter Luft niemals ein solcher Grad der Lufttrockenheit erreicht wird wie bei den angeführten Versuchen. Es wird aber trotzdem den Raummaßen mit Rücksicht auf das Eintrocknen ein Übermaß, (Darrscheit) gegeben, das sich jedoch, um die Reduktion auf Festmeter nicht zu verfälschen, in bestimmten Grenzen halten muß und z. B. bei Scheitholz 4 bis 5 cm nicht übersteigen sollte.

*) Untersuchungen über den Festgehalt S. 148.

Die Reduktionsfaktoren für den Festgehalt.

Die von Baur im Auftrage des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten vorgenommenen Untersuchungen haben folgende Reduktionsfaktoren ergeben:*)

Sortiment	Zahl der Scheite pro rm	Durchschnittlicher Festgehalt
1. Nutzscheite		
a) starke, Laubholz	25	0,80
Nadelholz	27	0,80
Laub- und Nadelholz	26	0,80
b) schwache, Laubholz	35	0,74
Nadelholz	35	0,77
Laub- und Nadelholz	35	0,75
2. Nutzknüppel		
a) starke, Laubholz	53	0,69
Nadelholz	62	0,76
Laub- und Nadelholz	57	0,72
b) schwache, Laubholz	97	0,62
Nadelholz	113	0,71
Laub- und Nadelholz	105	0,66
3. Brennscheite		
a) starke, gerade, Laubholz	28	0,76
Nadelholz	31	0,75
Laub- und Nadelholz	29	0,75
„ knorrige, Laubholz	28	0,67
Nadelholz	28	0,71
Laub- und Nadelholz	28	0,69
b) schwache, gerade, Laubholz	44	0,72
Nadelholz	47	0,72
Laub- und Nadelholz	45	0,72
„ knorrige, Laubholz	44	0,65
Nadelholz	43	0,68
Laub- und Nadelholz	43	0,66

*) A. a. O. S. 93.

Sortiment		Zahl der Scheite pro rm	Durchschnittlicher Festgehalt
4. Brennknüppel			
a) starke, gerade,	Laubholz	57	0,70
	Nadelholz	65	0,73
	Laub- und Nadelholz	60	0,72
„ knorrige,	Laubholz	53	0,64
	Nadelholz	55	0,67
	Laub- und Nadelholz	54	0,64
b) schwache, gerade,	Laubholz	107	0,63
	Nadelholz	114	0,67
	Laub- und Nadelholz	110	0,66
„ knorrige,	Laubholz	95	0,57
	Nadelholz	100	0,64
	Laub- und Nadelholz	98	0,60

Sortiment		1 rm enthält fm	100 Wellen (v. 1 m Länge u. 1 m Umfang) enthalten fm
5. Brennreisig			
a) Reisknüppel, Stammreisig,	Laubholz	0,53	3,75
	Nadelholz	0,60	3,46
	Laub- und Nadelholz	0,55	3,53
„ Astreisig,	Laubholz	0,45	2,53
	Nadelholz	0,48	2,17
	Laub- und Nadelholz	0,47	2,21
b) Langreisig, Stammreisig,	Laubholz	0,35	2,73
	Nadelholz	0,52	2,74
	Laub- und Nadelholz	0,48	2,73
„ Astreisig	Laubholz	0,16	1,90
	Nadelholz	0,16	1,87
	Laub- und Nadelholz	0,16	1,88
c) Abfallreisig, Stammreisig,	Laubholz	0,24	2,85
	Nadelholz	0,45	3,04
	Laub- und Nadelholz	0,39	3,01

Sortiment		1 rm enthält fm	100 Wellen (v. 1 m Länge u. 1 m Umfang) enthalten fm
Abfallreisig, Astreisig	Laubholz	0,14	1,64
	Nadelholz	0,13	2,05
	Laub- und Nadelholz	0,13	1,83
6. Stockholz			
a) starkes, mit wenig Wurzeln,	Laubholz	0,43	—
	Nadelholz	0,48	—
	Laub- und Nadelholz	0,47	—
b) schwaches, mit viel Wurzeln,	Laubholz	0,42	—
	Nadelholz	0,46	—
	Laub- und Nadelholz	0,46	—

Die forstliche Praxis kann auf so feine Unterschiede natürlich nicht eingehen und begnügt sich mit einer geringeren Zahl von Reduktionsfaktoren. Beispielsweise werden in Baden Nutzscheite, Brennscheite und Brennknüppel, soweit lokale Verhältnisse nicht eine andere Reduktion zwingend erheischen, ebenmäßig mit 0,7 umgerechnet. Das könnte allerdings etwas summarisch erscheinen, zumal ja Verschiedenheiten des Wachstumsgebietes, gewisse Gewohnheiten der Arbeiter, einen immerhin bemerkbaren Einfluß auf die Höhe des Festgehaltes meistens ausüben werden, auf der anderen Seite ist aber auch eine zu weit getriebene Differenzierung ebenfalls ohne jeden praktischen Wert und erhöht nur die Arbeitslast.

Der Festgehalt der Rinde.

Überall dort, wo die Rinde als Brennmaterial oder als Nutzrinde Verwertung findet, muß sie natürlich auch kubisch vermessen werden. Allein auch dort, wo dies nicht der Fall ist, wo sie entweder ungenutzt im Walde verbleibt, oder dem Käufer als Dreingabe überlassen wird, muß in einem geordneten Forsthaushalte das Volumen derselben ermittelt werden und zwar hauptsächlich des Vergleichs mit der im berindeten Zustande erfolgenden Messung bei der Forsteinrichtung wegen.

Die mehrgenannten Bestimmungen über ein einheitliches Meßverfahren hatten deshalb auch im § 11 die Messung *mit* der Rinde vorgesehen; auf diese Weise wäre eine einheitliche Behandlung des Langnutzholzes mit dem in der Regel unentrindet eingeschlagenen Schichterbholze, den Stangen und dem Reisig erreicht worden. Die Rücksichten auf Wünsche der Holzkäufer, zum Teil auf nur althergebrachte Gewohnheiten führten jedoch, wie die Anmerkungen zu den oben wiedergegebenen „Bestimmungen" zeigen, in den einzelnen Ländern zu vielen Abweichungen.

Die Holzmeßkunde sieht sich also in diesem Punkte vor die zweifache Aufgabe gestellt, den Festgehalt von fertig aufbereiteter Rinde und den der am Stamme verbleibenden zu bestimmen.

Zur Ermittelung des Festgehaltes von aufzubereitender Rinde kann man verschiedene Wege einschlagen. Man könnte z. B., was aber wenig genau ist, eine größere Anzahl von Raummetern aus berindetem Holze schälen lassen und dann von neuem in das Raummaß aufschichten. Die Differenz in der Zahl der Raummeter müßte den prozentischen Anteil der Rinde an der Holzmasse ergeben. Zuverlässige Resultate über den Festgehalt der Rinde erhält man aber nur, indem man entweder die aufbereiteten Rindenmengen xylometriert, oder aber indem man die Rundlinge bezw. Stämme erst mit und dann an denselben Stellen ohne Rinde auf Millimeter mißt. Läßt man dabei die sich ergebenden Rindenmengen nachher noch in das Raummaß einschlagen, so ergiebt sich auch der Festgehalt des letzteren. Bei schwachem Holze, Reisig, ist die physikalische Inhaltsbestimmung mittels Xylometers das einzig Mögliche.

Da wertvolle Rinden (Eichenrinden) in der Regel nach dem Gewichte verkauft werden, so macht sich auch eine Feststellung des Verhältnisses zwischen Raummaß und Gewicht, bezw. die Ermittelung des spezifischen Gewichts der Rinde erforderlich.

Es liegen hierüber mehrfache Angaben vor. Erwähnung aber finden sollen hier nur die nachfolgenden aus den Baurschen Untersuchungen*) herrührenden Zahlen:

Sortiment	1 fm wiegt kg	100 kg haben fm	1 rm bezw. 100 Wellen wiegen kg	1 rm bezw. 100 Wellen enthalten fm
Eiche, a) in Raummeter				
Altrinde, geputzt, waldtrocken, in Platten	768	0,130	289	0,376
„ ungeputzt, „ „ „	691	0,145	290	0,419
Jungrinde, Spiegelrinde, grün	881	0,113	—	—
„ Raitelrinde, „	840	0,119	—	—
„ Grobrinde „	804	0,124	—	—

*) Baur, A. a. O. S. 137.

Sortiment	1 fm wiegt kg	100 kg haben fm	1 rm bezw. 100 Wellen wiegen kg	1 rm bezw. 100 Wellen enthalten fm
b) in Wellen				
Altrinde, ungeputzt, grün	887	0,113	1898	2,070
„ „ waldtrocken	779	0,128	1250	1,604
Jungrinde, grün, 1 m lang, 1 m Umfang	874	0,114	1911	2,185
„ waldtrocken, 1 m lang, 1 m Umfang	764	0,130	1131	1,480
„ grün, Langebunde, 2—3 m lang	916	0,109	4370	4,775
„ waldtrocken, „ „ „ „	851	0,117	2850	3,354
Fichte, a) in Raummetern				
Altrinde, ungeputzt, grün, Rollen	837	0,120	227	0,272
„ „ waldtrocken, Rollen	752	0,130	111	0,147
b) in Wellen				
Altrinde, ungeputzt, grün, Rollen	784	0,127	2989	3,805
„ „ waldtrocken, Rollen	757	0,132	1150	1,517
Tanne, in Raummetern				
ungeputzt, grün, in Platten	864	0,116	440	0,509
„ waldtrocken, in Platten	733	0,136	312	0,425

Liegt die zweite Aufgabe vor, daß diejenigen Rindenmengen ermittelt werden sollen, welche nicht besonders aufgearbeitet werden, so bietet dies keinerlei Schwierigkeiten, so lange die Rinde auch wirklich am Stamme verbleibt. Man hat dann eben nur den Stamm zweimal, mit und ohne Rinde und zwar auf Millimeter genau, zu messen. Die Differenz ergiebt die Rinde. Allein sehr häufig gilt es auch, Rindenmengen festzustellen, welche aus irgend welchem Grunde vor der Messung ganz oder auch nur teilweise entfernt werden mußten. In solcher Lage bleibt nichts anderes übrig, als sie nach anderweiten Erfahrungen im Prozentsatze der Holzmasse anzusprechen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Rindenmengen nicht allein nach den Holzarten, sondern auch je nach dem Standorte, den Wuchsverhältnissen, dem Alter und den Baumteilen außerordentlich schwanken. Es dürfen deswegen zum Vergleiche nur unter ganz ähnlichen Bedingungen erwachsene Bäume herangezogen werden, insbesondere ist es nicht zulässig, die in Ertragstafeln enthaltenen als Durchschnitt für ganze Bestände ermittelten Rindenmengen ohne weiteres auch auf den Einzelstamm anzuwenden, denn es können sogar, wie z. B. aus Untersuchungen von Kunze an Fichte (Th. f. J. 1889. S. 157) hervorgeht, selbst die Probestämme ein und derselben Stammklasse,

welche, nebeneinander erwachsen, in Alter, Dimensionen ꝛc. fast ganz genau übereinstimmen, recht verschiedene Rindenprozente aufweisen.

Im Übrigen ist die Rindenmenge eines Baumes höher, als man zu vermuten geneigt ist und kann bis zu 20% ansteigen, schwankt aber im Allgemeinen zwischen 6 und 12 Prozent und beträgt nach den Angaben von v. Guttenberg, Stötzer, Baur, Schuberg u. a. bei haubaren Fichten 7 bis 10, Tannen 12 bis 14, Kiefern 10 bis 12, Buchen 6 bis 8, Eichen 12 bis 20, Eschen 12 bis 14, Birken 13 bis 17 Prozent.

Druck von E. Haberland in Leipzig-R.

Zweiter Teil.

Inhaltsermittelung des stehenden Baumes.

Allgemeine Vorbemerkungen.

Die Ermittelung des Inhaltes eines stehenden Baumes unterscheidet sich prinzipiell nicht von der Kubierung eines liegenden. Auch bei der Lösung dieser Aufgabe ist die Kenntnis der beiden Dimensionen: Höhe und Durchmesser, erforderlich, es läßt sich indessen deren Ermittelung nur in den wenigsten Fällen durch direktes Anlegen der Maßstäbe ermöglichen. An Stelle dessen muß daher ein indirektes Messungsverfahren, wenigstens der Länge und aller viel über Manneshöhe gelegenen Durchmesser, unter Benutzung besonderer hierzu geeigneter Instrumente treten. Aber auch bei deren Anwendung wird die Messung durch Verdeckung der Meßstellen mit Laub und Astwerk oder durch andere Bäume recht häufig Schwierigkeiten begegnen, ganz abgesehen von der Ungenauigkeit solcher indirekter Messungen überhaupt. Naturgemäßerweise müssen daher alle die Kubierungsverfahren, welche die Kenntnis eines oder gar mehrerer solcher oberer Durchmesser erfordern, bei der Inhaltsermittelung stehender Bäume in den Hintergrund treten. Sie werden ersetzt durch einige andere besondere Methoden, welche zwar auch für liegende Stämme anwendbar sind, aber doch vorzugsweise zur Kubierung stehender Bäume bestimmt und geeignet erscheinen. Dieselben begnügen sich meist mit der Kenntnis eines einzigen, unten am Stamme gelegenen Durchmessers und müssen infolgedessen mehr oder minder den Charakter einer Näherungsmethode, wenn auch einer ziemlich genauen, tragen.

Die Genauigkeit der erlangten Resultate wird also im Durchschnitt immer hinter der am liegenden Holze erreichbaren zurückbleiben, selbst in den Fällen, in welchen man unter Benutzung seiner Instrumente mehrere Durchmesser ermitteln und passende Inhaltsformeln anwenden würde. Die Größe der hierbei entstehenden Fehler ist indessen kein Umstand, welcher diesen Teil der Holzmeßkunde mit einem praktisch ins Gewicht fallenden Mangel

belastet. Denn die absolut genaue Ermittelung des Inhalts eines stehenden Einzelbaumes hat doch nur akademische Bedeutung, während die von der Praxis verlangte Genauigkeit auf irgend einem Wege sicherlich erreichbar ist. Noch größer wird die Sicherheit, sobald es sich um die Inhaltsermittelung einer Mehrheit von Bäumen, d. h. um die Massenaufnahme ganzer Bestände handelt.

Ehe wir aber die fraglichen Verfahren besprechen, müssen wir die zur Anwendung gelangenden Instrumente kennen lernen.

Erster Abschnitt.

Die indirekte Höhen- und Stärkenmessung.

Allgemeines.

Die Aufgaben, welche bei der Messung stehender Bäume uns entgegentreten, können sein:

1. die Messung der Höhe des Baumes,
2. die Messung beliebiger Durchmesser,
3. die Auffuchung bestimmter Durchmesser oder bestimmter Höhenpunkte am Stamme.

Man könnte diese Aufgaben mit jedem Theodolit lösen, indessen hat der hohe Preis und die Umständlichkeit in der Anwendung solcher Meßapparate zur Konstruktion von besonderen Baummeßinstrumenten, Dendrometern, geführt, welche in einfacherer, wenn auch meist weniger genauer Weise die Lösung jener drei Aufgaben gestatten, bisweilen auch sich begnügen, nur eine derselben zu gewähren. Es ist deswegen angezeigt, die Höhenmesser getrennt von den Stärkenmessern zu betrachten.

Die Höhenmessung.

A. Theorie der forstlichen Höhenmesser.

Alle Höhenmesserkonstruktionen beruhen entweder auf dem geometrischen Prinzipe von der Ähnlichkeit der Dreiecke, oder auf den trigonometrischen Beziehungen zwischen Seiten und Winkeln derselben.

Zur Erläuterung dessen ziehen wir zunächst den einfachsten Fall, daß nämlich das Auge des Beobachters in derselben horizontalen Ebene mit dem Fußpunkte des nach seiner Höhe zu bestimmenden Gegenstandes liegt, in Betracht.

Denkt man sich dann von dem Auge des Beobachters A zwei Visierlinien nach dem Gipfel C und dem Fuße B eines senkrecht stehenden Baumes BC ausgehend, so kann man den Verlauf dieser beiden Linien auf einem geeigneten Instrumente festlegen und auf demselben weiter eine Linie parallel zu BC sich konstruieren, welche, die Visuren in b und c schneidend, ein Dreieck Abc erzeugt, das dem anderen △ ABC nach Konstruktion ähnlich sein muß. Es gilt dann die Proportion:

$$BC : AB = bc : Ab$$

und daraus erhält man die gesuchte Höhe

$$BC = \frac{bc}{Ab} \cdot AB.$$

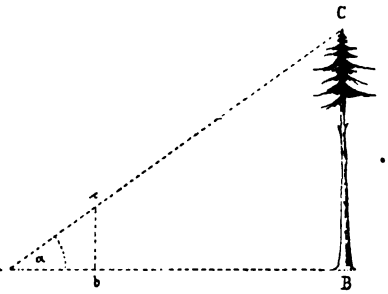


Fig. 55.

In diesem Ausdrucke ist aber alles bekannt, denn bc und Ab lassen sich an dem Instrumente selbst abgreifen, AB aber, die Standlinie, d. i. also die horizontale Entfernung des Beobachters vom Objekt, in der Natur selbst messen. Die auf diesem Gedanken beruhenden Höhenmesser sind nun alle so eingerichtet, daß man der Linie Ab von vorn herein eine bestimmte, beispielsweise den hundertsten Teil von AB betragende Länge geben kann. Hierdurch erhält man aber auch die Linie bc in demselben aliquoten Verhältnis von BC, oder mit anderen Worten: man kann die gesuchte Höhe direkt ablesen.

Die auf trigonometrischer Basis beruhenden Instrumente messen dagegen den Winkel α (Fig. 55), welchen die beiden Visierlinien AC und AB miteinander bilden. Es ist dann, da ∢ CBA ein Rechter ist,

$$\frac{BC}{AB} = \text{tang } \alpha$$

oder

$$BC = AB \text{ tang } \alpha.$$

Man hat also auch hier wieder die horizontale Standlinie AB zu messen und mit der Tangente von α zu multiplizieren. Dagegen kann man die Höhe BC selbst nicht direkt am Instrument ablesen, wie bei jener anderen Kategorie. Eine Erleichterung bietet sich nur insofern, als man am Instrument meist neben oder an Stelle des Winkels gleich den Betrag seiner Tangente ablesen kann. Im Grunde beruhen jedoch beide Gruppen von Instrumenten auf dem Prinzipe der Tangente, blos mit dem Unterschied, daß diese bei der ersteren graphisch aufgetragen ist, bei der zweiten dagegen berechnet werden muß oder, was die Prozentteilung anlangt, nur für die Entfernung 100 graphisch aufgetragen ist.

In vorstehenden Ausführungen ist der einfache Fall angenommen worden, daß A und B auf gleicher Höhe liegen, somit der Winkel ABC ein Rechter ist. In der Wirklichkeit trifft dies aber meist nicht zu. In diesem Falle muß man sich die horizontale Linie AD (Fig. 56) gezogen denken und dann wird eine der folgenden drei Möglichkeiten eintreten.

1. Die Linie AD trifft die Linie BC in D, der häufigste, in der Ebene regelmäßig eintretende Fall. (Fig. 56.)

Alsdann hat man die Horizontale AD zu ermitteln und die vorbeschriebenen Operationen zweimal vorzunehmen, indem man zuerst die Erhebung von C über D und dann in derselben Weise das Tieferliegen von B unter D ermittelt. Die Höhe BC erhält man bei den geometrischen Höhenmessern in der Summe der beiden Ablesungen $dc + db$, sofern nicht das Instrument so eingerichtet ist, daß es diese Addition selbstthätig vornimmt.

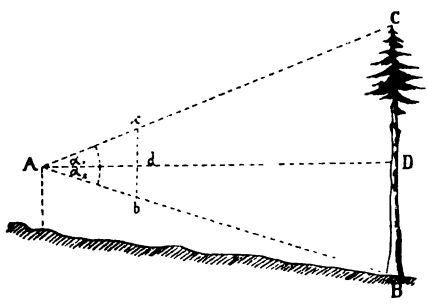


Fig. 56.

Bei den trigonometrischen Höhenmessern dagegen hat man die Tangenten der Winkel α_1 und α_2 zu addieren und diese Summe mit der Entfernung AD zu vervielfachen, denn es ist

$$BC = DC + DB = AD \tan \alpha_1 + AD \tan \alpha_2 = AD (\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2).$$

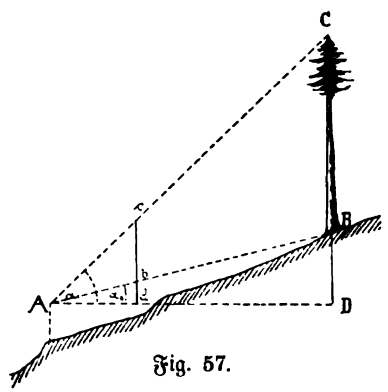


Fig. 57.

In ebenem Terrain wird meist der Spezialfall eintreten, daß D in erreichbare Höhe vom Boden zu liegen kommt. Dann ist es aber oft einfacher, man merkt sich den Punkt D am Baumstamme, mißt die Strecke BD direkt durch Anlegen eines Maßes und addiert dies zu dem mittels Hypsometers bestimmten Stücke CD.

2. Die Linie AD kommt unterhalb B zu liegen. (Fig. 57.) In dieser Lage ist BC die Differenz von DC und DB. Man hat also wieder die horizontale Entfernung AD zu ermitteln, sodann die Visuren nach C und nach B vorzunehmen und die abgelesenen Höhen voneinander abzuziehen ($BC = CD - BD$) bezw. die Differenz der Tangenten ($\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2$) mit AD zu vervielfachen.

3. Die Horizontale AD kommt noch über C hinaus zu liegen, ein seltener, im Gebirge aber möglicher Fall. (Fig. 58.)

Hier ist BC = BD — CD. Man hat also umgekehrt die Ablesung cd von bd abzuziehen bezw. die Differenz der Tangenten (tang α_2 — tang α_1) zu bilden.

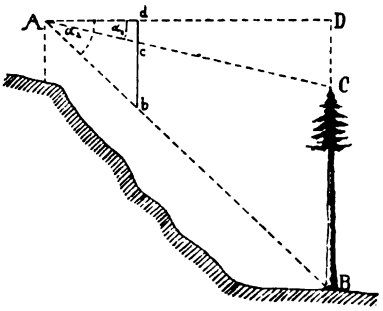


Fig. 58.

Anmerkung. Diejenigen komplizierteren Fälle, in welchen man die direkte Linie AD nur zum Teil oder gar nicht in der Natur abmessen kann, gehören dem Gebiete der praktischen Geometrie und nicht mehr der Holzmeßkunde an. Es wird also auf solche, soweit nicht einzelne Instrumente mit Distanzmesser dazu nötigen werden, hier nicht Rücksicht genommen und auf die entsprechenden Lehrbücher der niederen Geodäsie (z. B. das von F. Baur, 3. Aufl. 1879, Wien, S. 51 und 399 ff.) verwiesen.

B. Die Höhenmeßinstrumente.

Die Zahl der für forstliche Arbeiten konstruierten Hypsometer ist im Laufe der Zeit eine ganz erhebliche geworden, ohne daß die neueren Instrumente auch immer die besseren gewesen wären, denn in der Regel zeigen sie nur einen alten Gedanken in neuem Kleide, wie das ja bei der Einfachheit der zu Grunde liegenden Ideen nicht anders sein kann. Auch bei ihnen gilt das an früherer Stelle von den Kluppen gesagte, daß sich nämlich die einfachsten Apparate in der Hand des praktischen Forstmannes am allerbesten bewährt haben, während den komplizierteren, wenn auch präziser arbeitenden, stets nur ein beschränktes Verbreitungsgebiet übrig bleiben wird. Für ein nur praktischen Zwecken dienendes Buch wäre daher die Aufzählung einiger weniger Apparate hinreichend, hier aber soll der eingangs ausgesprochenen Tendenz eines Repertoriums entsprechend möglichst auf alle Konstruktionen, soweit sie nicht ganz veraltet oder nicht in die Litteratur gedrungen sind, wenn auch nur in Kürze, Rücksicht genommen werden. Freilich volle Vollständigkeit kann der Verfasser hierin auch nicht in Aussicht stellen, denn manche Instrumente sind im größeren Kreise überhaupt nicht bekannt geworden, andere wieder manchmal bloß durch die Hand des ausführenden Mechanikers so verändert, daß sie als besondere Instrumente erscheinen, ohne es aber in Wirklichkeit zu sein. Wir betrachten sie, indem wir zunächst zwischen geometrischen und trigonometrischen Höhenmessern unterscheiden.

Erstes Kapitel.

Höhenmesser mit geometrischer Grundlage.

a) Mit direkter Standlinienmessung.

α) Anwendbar auf beliebige Entfernung.

1. Messung mit Hilfe von Visierstäben.

Ist man zufällig nicht im Besitze eines Höhenmessers, so läßt sich mit Hilfe eines Bandmaßes und zweier Visierstäbe die Höhe eines Baumes mit einiger Sicherheit wie folgt ermitteln. An einem geeigneten Punkte, von dem man Gipfel C und Fußpunkt B des zu messenden Baumes übersehen kann, stellt man einen Stock von Manneshöhe EA und etwa 1 bis 2 m von diesem entfernt, (genau in der Visierlinie zwischen dem ersten und dem Baume) einen längeren zweiten FG lotrecht, also parallel zum Baumstamme, auf. Nachdem man weiter noch die Standlinie AD, sowie die Entfernung der Stäbe Ad gemessen hat, visiert man von einem beliebigen Punkte A des ersten Stabes, den man irgendwie markiert, (sehr zweckmäßig durch eine horizontal eingestochene Stecknadel, einen Nagel oder dergleichen), nach B und C und markiert die beiden Punkte b und c, an welchen diese Visierlinien den zweiten Stab schneiden. Es stellt dann, wie sich aus der Ähnlichkeit der Dreiecke Abc ∽ ABC ohne weiteres ergiebt, bc die im Maßstab Ad : AD verjüngte Höhe des Baumes dar, welche durch Einsetzen der gemessenen Längen in die Gleichung

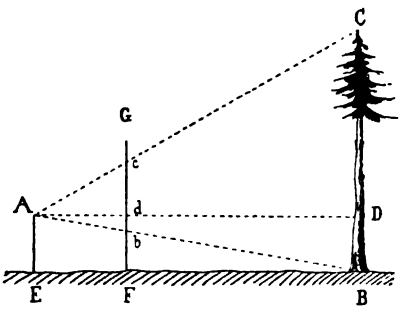


Fig. 59.

$$BC = \frac{bc \cdot AD}{Ad}$$

leicht berechnet werden kann.

Anmerkung. Will man die Höhe eines Baumes bloß schätzungsweise ermitteln, so ist ein gutes Hilfsmittel das, sich den Baum senkrecht zum Beobachter auf den Boden umgelegt zu denken, die Stelle, wo sein Wipfel den Boden berühren würde, zu merken und dann die Entfernung dieses Punktes vom Fuße des Baumes abzuschreiten. Dieser Notbehelf ist entschieden dem von Dr. Heß (Encyklopädie und Methodologie der Forstwissenschaft, III. Teil, S. 83) angegebenen Verfahren vorzuziehen, nach welchem man dem Baume den Rücken zukehrend nach Bedürfnis vor- oder rückwärts schreiten soll, bis man zwischen seinen eigenen Beinen hindurchsehend, die Spitze des Baumes erblickt. Bei manchen Personen ist dann die Entfernung vom Baume beiläufig gleich dessen Höhe, bei anderen wieder führen andere körperliche Verhältnisse zu ganz unzulänglichen Resultaten, ganz abgesehen davon, daß

diese Methode nur für ebenes Gelände gelten kann. Oberforstmeister Borggreve empfiehlt (Forstabschätzung, S. 22) ein anderes Schätzungsverfahren. Er bestimmt mit Hilfe eines Maßes den drei Meter vom Boden entfernten Punkt am Baume, verdoppelt nach dem Augenmaße diese Länge zweimal, so daß er den 12 m-Punkt erhält und vergleicht nun die Totalhöhe des Stammes mit dieser 12 m langen Strecke. Sicherlich gewinnt man so eine etwas größere Annäherung an die wirkliche Länge als bei reiner Okularschätzung.

2. Der Meyer-Hoßfeldsche Höhenmesser.

Die dem soeben geschilderten Verfahren zu Grunde liegende Idee findet sich unverändert wiedergegeben in einem der ältesten und einfachsten Instrumente, dem Meyer-Hoßfeldschen Höhenmesser*), welcher, obwohl durch andere längst überholt, als einfacher Typus hier doch Erwähnung finden soll. Derselbe besteht in seiner späteren, zum Taschengebrauch eingerichteten Ausführung aus einem kleinen Messinglineal BC von etwa 15 cm Länge, welches unten mit einem Gewinde zum Einschrauben in ein einfaches Stockstativ und bei ungefähr $^1/_8$ seiner Länge mit einer Nut N versehen ist. In letzterer läßt sich ein zweiter Messingstab AD senkrecht zum ersten verschieben. Derselbe trägt, um den Punkt A drehbar, ein drittes, mit einer kleinen Diopterreinrichtung versehenes Visierlineal AE. Das Lineal AD ist von A beginnend mit einer gleichmäßigen Teilung versehen, deren Einheit beliebig groß sein kann.

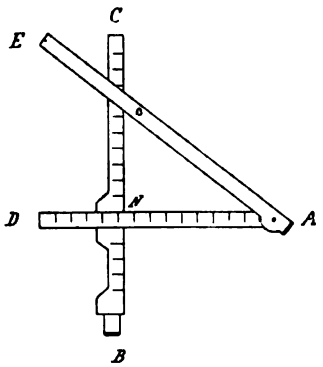


Fig. 60.
Hoßfelds Höhenmesser.

Dieselbe Teilungseinheit muß aber auch bei der auf BC befindlichen Skala angewendet werden, welche von N als Nullpunkt nach oben und unten verläuft.

Die Anwendung ist dann sehr einfach. An geeignetem Orte stellt man das Instrumentchen auf einem Stative (in freier Hand gehalten ist es nicht zu gebrauchen!) mit Hilfe eines Lotes so auf, daß BC senkrecht, also parallel zum Baumschaft zu stehen kommt. Alsdann mißt man die horizontale Standlinie bis zum Baume und verschiebt am Höhenmesser das Lineal AD so weit, bis von A nach N ebensoviel Teilstriche gezählt werden können, als die Standlinie Meter enthält. Visiert man nun, indem man das Visierlineal AE entsprechend dreht, nach dem Gipfel eines Baumes, so wird von den Innenkanten der drei Lineale ein Dreieck gebildet, welches dem Dreieck ACD in Fig. 59 ähnlich ist. Und da nun die Strecke AN ebensoviele Teilstriche zählt, als die Standlinie in der Natur Meter hat, so wird man an dem senkrechten Lineal in der Strecke Nc ebenfalls in der Zahl der Teilstriche die Strecke CD am Baume in Metern direkt ablesen können. Dann hat man noch nach dem Fußpunkte zu visieren und von N nach unten dessen Erhöhung

*) Diana, 3. Bd., S. 156.

über dem Boden abzulesen. Die Summe beider Ablesungen giebt dann die Totalhöhe des Baumes.

Wünscht man ein etwas genaueres Resultat, als ganze Meter und geschätzte Bruchteile desselben, so braucht man — und diese Bemerkung gilt für sämtliche Höhenmesser mit geometrischer Grundlage — dem einzelnen Teilstrich blos einen kleinen Wert beizulegen, etwa $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ m, muß dann aber natürlich auch die Standlinie mit derselben Maßeinheit von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ m messen, oder, was dasselbe ist, die Strecke AN 4mal bezw. 2mal so lang einstellen. Es hat dies Verfahren aber bald an der Kleinheit der Instrumente seine Grenze.

Die Resultate mit dem Hoßfeldschen Höhenmesser sind wenig genau, weil das Senkrechtstellen mit dem gewöhnlich verwendeten Stockstativ seine Schwierigkeiten hat und weil die lotrechte Stellung beim Drehen des Visierlineals oft unbemerkt verloren geht, namentlich wenn sich letzteres etwas schwer dreht. Empfehlenswert ist daher das Instrument trotz seiner Einfachheit in keiner Weise, um so mehr als es zum Handgebrauch sich nicht eignet.

3. Dendrometer von Winkler-Großbauer.

Das aus dem alten Königschen Meßbrettchen*) hervorgegangene, von dem früheren Professor an der Forstakademie Mariabrunn Winkler bereits 1846 beschriebene**) Dendrometer wurde 1864 von seinem Nachfolger Großbauer vervollkommnet***). Es hat ziemlich weite Verbreitung, namentlich in Österreich, gefunden und möge deswegen trotz verschiedener Mängel hier genauere Beschreibung finden.

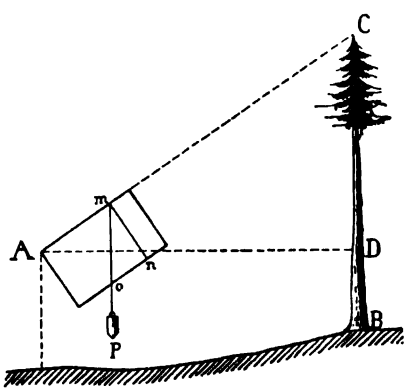


Fig. 61.

Denkt man sich ein rechteckiges Brettchen (Fig. 61) mit Hilfe einer Visiervorrichtung, die parallel zur längeren Kante angebracht ist, gegen einen zu messenden Höhenpunkt C gerichtet und etwa bei m ein Pendel P herabhängend, so muß das von diesem Pendel und von einer durch m gezogenen Parallele mn zur schmalen Seite und schließlich von dem Teile no der langen Kante gebildete Dreieck mno ähnlich sein dem Dreieck ADC, wie leicht ersichtlich.

*) Siehe z. B. Königs Forstmathematik, 5. Aufl., Gotha 1864, S. 191.

**) Winkler, Anleitung zur Konstruktion und dem Gebrauche eines einfachen Taschendendrometers. Wien 1846.

***) F. Großbauer, das Winklersche Taschendendrometer neuester Konstruktion. Wien, bei Braumüller, 1864.

Würde nun die Strecke mn ebensoviele Einheiten einer beliebigen Teilung enthalten, als AD Meter zählt, und wäre dieselbe Teilung auch auf dem unteren Brettrande angebracht, so müßte auch no ebensoviele Teilungseinheiten enthalten, als CD Meter zählt. Mit anderen Worten, man könnte in der Strecke no die Höhe CD direkt ablesen. Ein ganz analoger Fall würde vorliegen, wenn man von A aus auch noch nach B visieren würde, nur daß dann der Lotfaden auf die andere Seite von mn zu liegen kommen würde. Die Summe beider Ablesungen ergäbe dann die gesuchte Gesamthöhe BC.

Ein derartig eingerichtetes Instrument wäre aber nur für eine einzige Standlinienlänge, eben die, welche der Breite mn entspricht, zu gebrauchen. Winkler half diesem Mangel ab, indem er auf mn mehrere Senkrechte, also Parallelen zu no errichtete und mit entsprechender Teilung versah.

Der nach diesem Gedanken konstruierte Winklersche Höhenmesser besteht aus einem 14 cm langen, 8 cm breiten und 1,5 cm starken Brettchen, dessen eine Fläche mit einer Messingplatte bedeckt ist. (Fig. 62.) Auf dieser ist parallel zu den schmalen Seiten eine Linie mn eingeritzt, auf welcher die Teilungseinheit 80 mal aufgetragen ist. Es sind jedoch nur die Teilpunkte 20; 40; 60 und 80 markiert und an diesen 4 Stellen Senkrechte nach beiden Seiten errichtet, auf welchen dieselbe Teilungseinheit wieder nach rechts 120 und nach links 60 mal aufgetragen ist. Durch die Teilpunkte 10; 20; 30 u. s. f., der letzteren Linien sind wieder Parallelen zu mn gezogen und so ein System von senkrecht sich schneidenden Linien, ähnlich wie bei dem Königschen Meßbrettchen, hergestellt. Außerdem ist noch ein in Grade geteilter Bogen eines um m gezogenen Kreises aufgetragen. An dem Punkte m ist ein kleines durch ein Gewicht beschwertes Messinglineal mq drehbar befestigt, welches ebenfalls eine Teilung in demselben Maßstabe trägt. Bei vertikaler Stellung der Brettfläche nimmt dies Lineal stets eine senkrechte Stellung ein. Die Visiervorrichtung wird durch eine Okularritze A und einen Stift s dargestellt.

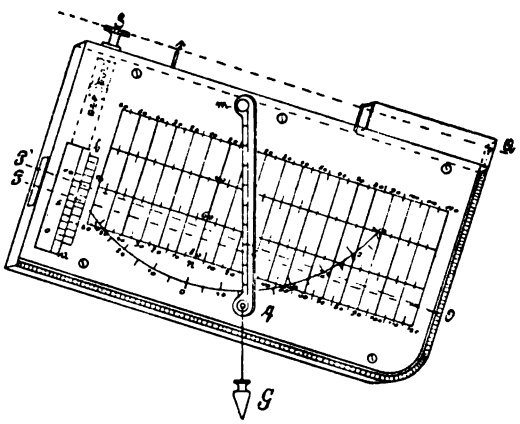


Fig. 62.
Winklers Dendrometer.

Außerdem befindet sich an dem Instrument noch eine weitere mit Nonius versehene Visiervorrichtung zum Messen von Baumdurchmessern, welche später nähere Beschreibung finde.

Zum Gebrauche muß zunächst eine geeignete Standlinie von 20; 40; 60

oder 80 Meter (oder halbe Meter) abgemeſſen werden. Von dem Ende derſelben viſiert man den fraglichen Höhenpunkt an und lieſt die Erhebung desſelben über dem Horizonte der Augenhöhe am Schnittpunkte des Lineals mit derjenigen Linie ab, welche durch den, der Länge der Standlinie entſprechenden, 20., 40., 60. oder 80. Teilpunkt der Linie mn geht. Verfährt man hierauf ebenſo mit einer Viſur nach dem Fuße des Baumes, ſo erhält man in bekannter Weiſe durch Addition oder Subtraktion der Reſultate die Geſamthöhe und zwar ausgedrückt in der bei Meſſung der Standlinie angewendeten Einheit, alſo z. B. eines ganzen oder halben Meters. Das Lineal qm kommt bei dieſen beiden Viſuren rechts und links von der Linie mn zu liegen, ſo lange der Fußpunkt B tiefer als das beobachtende Auge liegt, befindet ſich derſelbe jedoch höher, ſo erfolgen beide Ableſungen auf derſelben Seite von mn. In dieſem Falle werden ſie alſo, wie bemerkt, voneinander abgezogen.

Kritik. Das Inſtrument, dem bequeme, handliche Form und Anwendung nicht abgeſprochen werden kann, weiſt verſchiedene Mängel auf. Zunächſt iſt die Beſchränkung der Anwendbarkeit auf beſtimmte Standlinienlängen oft recht ſtörend und hindert bisweilen im dichten Beſtande die Anwendung überhaupt. Die Ableſung iſt weiter wegen der Kleinheit der ganzen Ableſevorrichtung und weil man nur von 5 zu 5 Einheiten direkt ableſen kann, dazwiſchenliegende aber ſchätzen muß, nicht fein genug. Fehler entſtehen auch leicht, wenn man ohne Stativ oder Gehilfen arbeitet. Denn wenn das Inſtrument aus freier Hand gebraucht wird, muß man es zur Ableſung umwenden. Hierbei kann ſich, wenn man nicht ſehr gewandt und vorſichtig iſt, das Lineal leicht verſchieben, da keinerlei Arretiervorrichtung für dasſelbe anzubringen iſt. Auch die Kürze der Viſierung und die Verwendung eines Stiftes an Stelle eines Fadenkreuzes läßt Einwendungen zu. Infolgedeſſen entbehren die Reſultate oft der erwünſchten Genauigkeit. Zu oberflächlichen Nivellements, Abſtecken von Böſchungswinkeln und ähnlichen iſt es nicht zu gebrauchen, ſo lange man nicht Stativ und Libelle anwendet. Hierdurch aber wird es verhältnismäßig teuer.

Verfertiger: Der Mechaniker J. Schablaß in Wien, welcher das Inſtrument früher fertigte, iſt verſtorben. Jetzt iſt es beziehbar durch Gebr. Fromme, Wien III./1. Preis 36 Kr. Mit Libelle und Stativhülſe 70 Kr.

4. Fauſtmanns Spiegelhypſometer.

Der von dem ehemaligen Großh. Heſſiſchen Oberförſter M. Fauſtmann 1856 erfundene Spiegelhypſometer*) iſt einer der praktiſcheſten und wohl auch der jetzt noch am meiſten geführte von den einfacheren Höhenmeſſern. Seine Grundlage bildet ein Brettchen von etwa 19 bezw. 8 cm Seitenlänge

*) A. F. u. J.-Z. 1856, 441; M. f. F. u. J. 1871, 41; Z. f. F. u. J. 1876, 94.

und 1,2 cm Dicke. (Fig. 63.) Auf einem gefirnißten Papierstreifen längs des unteren Randes ist eine Centimeter- und Millimeterteilung in der Weise angebracht, daß ihr Nullpunkt, von dem aus sie nach rechts und links verläuft, etwa 5 cm von der Schmalseite entfernt liegt und daß die Teilstriche nicht parallel, sondern als Radien eines Kreises gezogen sind, dessen Centrum etwa 12 cm oberhalb des Nullpunktes in der Fläche des Brettchens liegen würde. Die Bezifferung dieser Einteilung ist überdies aus einem gleich ersichtlichen Grunde in Spiegelschrift aufgeschrieben. Weiter ist von jenem Nullpunkte ausgehend, parallel zur schmalen Kante ein nach Innen zu verbreiterter Falz ausgeschnitten, in welchem sich ein kleiner mit der Oberfläche des Brettchens verglichener Schieber bewegen läßt. Hierbei drückt ihn eine am Grunde des Falzes liegende Feder gegen die schrägen Wände desselben und hält ihn auf diese Weise in jeder Lage fest. Auf beiden Seiten des Falzes ist schließlich noch eine Teilung, die Distanzskala, angebracht, rechts (II) von 2 bis 13 m, links (I) von 14 bis 26 m rot beziffert. Jeder Centimeter ist weiter noch in 5 Teile geteilt und entsprechend von 10 bis 130 schwarz beziffert. Bei manchen Ausführungen findet sich auch bloß eine einfache Millimeterteilung. An beiden Enden des Schiebers bemerkt man zwei um 65 mm auseinanderstehende Marken I und II, an deren letzterer ein einfaches Fadenpendel befestigt ist. Durch Verrücken des Schiebers läßt sich somit der Aufhängepunkt des Pendels an der Distanzskala verändern und zwar in der Weise, daß seine Entfernung vom Nullpunkt an der rechten Seite II der Distanzskala abgelesen wird, wenn die Marke II im Falze nach unten gerichtet ist und an der linken Seite I, sobald man den Schieber umkehrt, mit der Marke I nach unten richtet. Hierdurch läßt sich jede beliebige Standlinienlänge bis zu 26 m mit einer Genauigkeit von 0,2 und schätzungsweise noch 0,1 m einstellen.

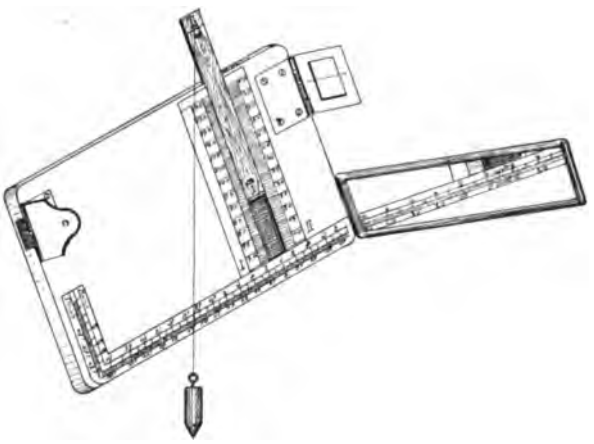


Fig. 63.
Faustmanns Spiegelhypsometer.

Visiert man nun mit Hilfe einer an den Schmalseiten umlegbar angebrachten Diopterein richtung nach irgend einem Höhenpunkt, so wird bei vertikaler Lage der Brettoberfläche das Pendel auf einem entsprechenden Striche der Höhenskala am Rande einspielen. Dieser Stand des Senkels läßt sich nun

während des Viſierens in einem Spiegel beobachten, der an der vom Auge abgewendeten Schmalſeite befeſtigt iſt und ganz nach Bedürfnis ſich drehen läßt. Dies iſt in kurzen Zügen die urſprüngliche Idee und Form des Inſtruments. Die einzelnen Verfertiger des Inſtruments haben natürlich verſchiedene Veränderungen angebracht, ſo iſt z. B. das Inſtrument ganz aus Meſſing gefertigt worden (Tesdorpf, Stuttgart); man hat auch auf der Rückſeite einen Halter zum Aufſtecken auf ein Stativ (Baur, M. f. F. u. J. 1871, 41), oder ein Gelenk aus Meſſingſtäben, um den Spiegel in beſtimmter Lage feſtzuhalten, angebracht, oder auch den Lotfaden durch ein Metallpendel erſetzt.

Anwendung. Die Anwendung ergiebt ſich nach dem Geſagten faſt von ſelbſt. Man mißt zunächſt eine geeignete Standlinie und ſtellt den Schieber auf die entſprechende Zahl der Teilung ein. Hierauf viſiert man, das Brettchen ſo haltend, daß das Senkel an ſeiner Oberfläche, ohne zu reiben, aber auch ohne zu weit abzuſtehen, pendeln kann und beobachtet ſeine Stellung während des Viſierens im Spiegel. Meiſt wird das Pendel nicht vollſtändig zur Ruhe kommen, durch Beobachtung der Ausſchläge läßt ſich ſeine eigentliche Lage jedoch hinreichend beſtimmen. Durch Wiederholung des Viſierens nach dem Fuße erhält man eine zweite Ableſung, die mit der erſten zuſammen als Summe oder Differenz in bekannter Weiſe die Höhe ergiebt. Daß das Inſtrument ſich auch zum Nivellieren eignet, ergiebt ſich aus der Beſchreibung von ſelbſt. Stellt man den Schieber auf 100, ſo erhält man die Ableſung der Steigung oder des Gefälles in Prozenten.

Würdigung. Die Fauſtmannſche Anordnung vermeidet in der glücklichſten Weiſe verſchiedene, bei anderen Inſtrumenten noch zu rügende Übelſtände. Sie läßt eine ziemlich feine, ſichere und raſche Ableſung zu und hat ſich deswegen in der forſtlichen Welt von allen Höhenmeſſern wohl am meiſten eingebürgert. Nur bei ſtarkem Winde bereitet die Bewegung des leichten Fadenpendels einige Unannehmlichkeiten. Aus dieſem Grunde hat der Oberförſter Tiemann in Gandersheim (A. F. u. J. 96, 211) das Fadenpendel durch einen Metallrahmen erſetzt, der in ſeiner Mitte einen feinen Faden ſtraff eingeſpannt trägt. (Mechaniker Tesdorpf in Stuttgart bringt dieſe Verbeſſerung für 5 Mark an.)

Störend könnte ſich der Umſtand bemerkbar machen, daß der Pendelfaden die Teilſtriche nur bei einer beſtimmten Stellung des Schiebers genau deckt, in allen anderen aber ſchneidet, da dieſe, wie bemerkt, radial gezeichnet ſind. Da weiterhin die Höhenſkala nicht vollſtändig in einer geraden Linie verläuft, ſondern um die Ecke auf die ſchmale Seite des Inſtruments fortgeſetzt iſt, ſo müſſen bei ſehr hoch gelegenem Ziel direkt fehlerhafte Reſultate abgeleſen werden. (Schw. Z. 1888, 40.) Allzuſchwer wiegt dieſer Einwand indeſſen nicht, denn ein jedes Inſtrument muß einmal an die Grenzen ſeiner

Anwendbarkeit gelangen, und die Fälle wo dieser Nachteil eintritt, sind doch nur die Ausnahmen.

Bezugsquelle. Z. B. Hartmann & Braun in Bockenheim, 12 Mk. W. Spörhase in Gießen, 10 Mk; aus Messing, 35 Mk. Tesdorpf in Stuttgart, 10 Mk; ganz aus Messing, 30 Mk. Stockstativ 10 Mk. W. Göhlers Wwe., Freiberg in Sachsen, 6,50 Mk. Kraft & Sohn in Wien IV., 8 Kr. Gebr. Fromme, Wien III./1., 9 Kr.; bessere Ausführung, 20 Kr. Stativ u. s. w., 7 Kr.

5. Der Höhenmesser von Weise.

Der zuerst vom Oberförster Bernhardt (Z. f. F. u. J. 1874, 125) beschriebene Höhenmesser von Weise besteht in seiner gegenwärtigen verbesserten Form (Z. f. F. u. J. 1878, 226) aus einem 21,5 cm langen Messingrohr von reichlich 2 cm Durchmesser, das am einen Ende ein ziemlich starkes Metallfadenkreuz besitzt. Die zugehörige Okularöffnung befindet sich an einer zweiten ca. 11 cm langen Röhre, die man in jener verschieben kann, so daß sich die Entfernung der beiden Absehen von 22 bis auf 30 cm vergrößern läßt. Das erste Rohr trägt außerdem, an zwei Backen befestigt, einen 17 cm langen und 2 cm breiten Messingstreifen, welcher die Höhenskala darstellt. Der Nullpunkt derselben liegt an dem nach vorn zu liegenden Befestigungsbacken. An dieser Stelle ist Skalenstreifen und Unterlage durchbohrt, die Öffnung nimmt einen vierkantigen Messingstab, durch eine Feder leicht arretiert, auf, der die Distanzskala von 1—40 m und zwar in halben Metern geteilt, enthält. Am oberen Ende desselben ist ein dreikantiger, mit einem Gewichte beschwerter Metallstab mittels eines Gelenkes als Pendel befestigt. Distanzskalen- und Höhenskalenteilung weisen selbstverständlich dieselbe Einheit auf, es ist aber letztere nicht nur mit Teilstrichen in halben Metern versehen, sondern auch am Rande entsprechend eingekerbt. An den Zähnen dieser Kerbung wird infolgedessen das Pendel festgehalten, sobald man das Instrument etwas um seine Achse dreht. Ablesefehler, hervorgerufen durch nachträgliche Verschiebung des Pendels nach der Visur sind auf diese Weise ausgeschlossen, und ein Spiegel für gleichzeitiges Ablesen während der Visur ist entbehrlich.

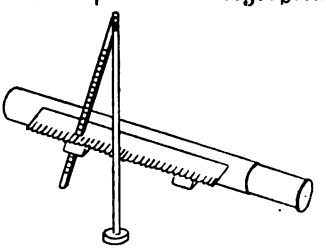


Fig. 64.
Höhenmesser von Weise.

Für den Nichtgebrauch wird Pendel und Distanzskala im Innern des Visierrohres aufbewahrt und durch das vollständig hineingeschobene Ausziehrohr festgehalten.

Gebrauch. Die Anwendung weist gegenüber dem Faustmannschen Hypsometer keine Unterschiede auf. Es ist zunächst wieder die Standlinie zu messen und auf halbe Meter abgerundet (Viertelmeter können noch schätzungsweise berücksichtigt werden), an dem Distanzstäbchen einzustellen. Nach erfolgter

Viſur und Beruhigung des Pendels dreht man die Röhre möglichſt ruhig und die Viſur feſthaltend bis das Pendel von dem Zahnbeſatz feſtgehalten wird. Alsdann wird das Inſtrument vom Auge genommen und die Ableſung kann erfolgen und zwar, der Einteilung entſprechend, in ganzen und halben Metern.

Würdigung. Bereits Fauſtmann und noch Frühere hatten (A. F. u. J. Z. 1854, S. 165) an die Kerbung der Höhenſkala gedacht, den Gedanken aber wieder aufgegeben, weil der von ihnen verwendete Pendelfaden oft unbemerkt an den Zähnen hängen blieb, was zu groben Irrtümern Anlaß gab. Die deswegen auch gegen das Weiſeſche Inſtrument erhobenen Einwendungen (Z. f. F. u. J. 1876, 94) ſind aber bei Anwendung eines Metallpendels und bei einiger Aufmerkſamkeit im Gebrauche gegenſtandslos. Eher könnte man ſchon tadeln, daß die Diſtanzſkala in ihrer Führung nicht ganz feſt ſitzt und hierdurch Fehler bis zu 1 m und darüber hervorgerufen werden können. Auch verbiegt ſich das Meſſingpendel ziemlich leicht, wodurch natürlich auch Fehler entſtehen. Schließlich ſind nur Ableſungen auf halbe Meter möglich, was unter Umſtänden nicht genügt. Doch kann man bis zu Standlinien von 20 m die Diſtanzſkala auf das doppelte Maß einſtellen und erhält dann auch die doppelte Genauigkeit. Das Inſtrument weiſt ſeiner ganzen Einrichtung zufolge ausgeſprochen auf den Handgebrauch hin, die Verbindung mit einem Stative würde keinerlei Vorteile, eher Nachteile im Gefolge haben. Nivellierungen und damit zuſammenhängende Arbeiten laſſen ſich mit ihm nicht ausführen, es iſt ausſchließlich ein Höhenmeſſer. Als ſolcher aber muß er entſchieden als einer der brauchbarſten ſeiner Art bezeichnet werden, wie er denn auch ſpeziell in Norddeutſchland eine weite und verdiente Verbreitung gefunden hat. Er iſt ſehr bequem im Transport wie in der Handhabung, die Tagesleiſtung wird auf 400 Stämme angegeben.

Bezugsquelle. Mechaniker Buddendorf in Berlin, Preis 12 Mk. W. Spörhaſe in Gießen, 0,25 m ablesbar 18 Mk. L. Tesdorpf in Stuttgart, 13—15,50 Mk. Geprüfte Inſtrumente können durch den Hausmeiſter der Forſtakademie Hann. Münden bezogen werden.

Anmerkung. Oberförſter Matthes in Eiſenach hat den Weiſeſchen Höhenmeſſer noch mit einem Zuwachsbohrer verbunden, der Preis dieſer Einrichtung iſt 18 Mk. Bei Hofmechaniker R. Eckſtein in Eiſenach; ebenſo bei W. Göhlers Wwe. in Freiberg i. Sa.

6. Trümbachs Drehſcheibenquadrat.

In dem Trümbachſchen Drehſcheibenquadrat (F. Zbl. 1898, 283) begegnen wir einem jener Univerſalinſtrumente, die ſich in der mannigfachſten Weiſe als Behelf für alle möglichen geodätiſchen Arbeiten (Nivellieren, Gefällabſtecken, Horizontalwinkelmeſſen, Höhenmeſſen u. a. m.) verwenden laſſen. Es iſt nur am Stativ zu gebrauchen und in Bezug auf ſeine Benutzung als Höhenmeſſer mit dem Fauſtmannſchen oder Weiſeſchen Inſtrument ganz nahe verwandt, wenn auch in der Form abweichend. Es wird nämlich die

letztgenannte Aufgabe in völlig befriedigender Weise in der Art gelöst, daß ein Fadenpendel an einer Kante eines vertikalstehenden, 25 cm im Quadrat haltenden Brettchens nach der gemessenen Standlinie sich einstellen und die Höhe nach erfolgter Visur über eine Kante an der gleichen Skala der anderen Kante sich ablesen läßt. Auf die genauere Beschreibung dieses in seiner Vielseitigkeit mit dem Preßlerschen Meßknecht verwandten, originell und sinnreich konstruierten Instruments sei verzichtet und auf die Angaben im F. Zbl. 1898 hingewiesen.

Zu beziehen vom Erfinder Trümbach, z. Z. Kgl. bayr. Forstamtsass. in Obernburg a. M. Preis mit Stativ, Zieltafel und Tragtasche 90 Mk., mit Fernrohraufsatz (entbehrlich!) 120 Mk.

7. Der Höhenmesser I von Havlick.

Der Höhenmesser I von Havlick (Z. f. d. g. F. 1889, 210) besteht (Fig. 65) aus einem 20 cm langen Metallrahmen, der mittels einer stiftförmigen Verlängerung auf ein einfaches Stockstativ gesteckt und mit Hilfe eines an seinem oberen Ende angebrachten Lotes senkrecht gestellt werden kann. Dieser Rahmen umfaßt einen schmalen Glasstreifen, auf welchem eine Teilung eingeätzt ist, deren Einheit 0,5 cm beträgt. Durch den Nullpunkt dieser Teilung geht eine mit einer Hülse verbundene Drehungsachse. In dieser Hülse läßt sich ein 21 cm langer Messingstab, von einer Feder leicht gehalten, hin- und herschieben. Derselbe ist wie der Glasstreifen geteilt und trägt an seinen Enden eine Diopterein richtung.

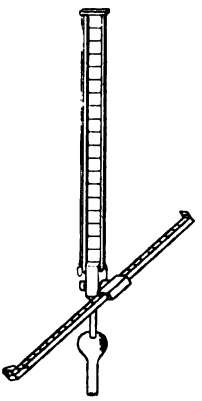


Fig. 65.
Havlicks Höhenmesser I.

Zum Gebrauche hat man das Instrument mit Hilfe des Lotes auf einem Stockstative senkrecht aufzustellen und die schiefe Entfernung vom Okulare desselben bis zum Fuße des Baumes zu messen. Auf diese Zahl stellt man den verschiebbaren Stab ein, wobei, da die Einheit auf ihm weiter in 4 Teile geteilt ist, eine Genauigkeit von $\frac{1}{4}$ und schätzungsweise auch $\frac{1}{8}$ m möglich ist. Hierauf visiert man, indem man diesen Stab entsprechend dreht, nach dem Fußpunkt des Baumes und dann, ohne den Stab zu verrücken, nach dem Gipfel. Letztere Visur schneidet die Glasscheibe an einer Stelle, deren beigefügte Zahl die Höhe und zwar sogleich die ganze Höhe angeben muß.

Würdigung. Das einfache Instrument unterscheidet sich von den vorher besprochenen vorteilhaft dadurch, daß es nur eine Ablesung erfordert, das Messen der schiefen Standlinie BA ist überdies meist nicht unbequemer als das der horizontalen AD. Es arbeitet also rasch und ist dabei handlich und leicht zu transportieren. Als Nachteil muß die Notwendigkeit der Stativbenutzung erwähnt werden. Außerdem besteht die konstruktive Schwierigkeit,

den Viſierarm ſo beweglich zu machen, daß er ſich leicht drehen läßt, ohne die Vertikalſtellung zu gefährden und dabei doch wieder in jeder Lage ſtillſtehend beharrt. Wenn dies nicht gelingt, oder wenn durch den Gebrauch dieſe Eigenſchaft aufgehoben wird, iſt das im übrigen ſo einfache Inſtrument unbrauchbar.

Preis: 32 Kr. bei Gebr. Fromme in Wien III./1.

8. Der Klaußnerſche Höhenmeſſer.

Der von dem königl. bayriſchen Oberforſtrat Klaußner in München erfundene und im F. Zbl. 1883 und 1884 beſchriebenen Höhenmeſſer ſtellt eine weſentlich verbeſſerte und ſehr brauchbare Form des Hoßfeldſchen dar. Die Verbeſſerungen dieſem Inſtrumente gegenüber beſtehen in der Hauptſache in der automatiſchen Vertikalſtellung der Höhenſkala, unabhängig von der Lage der horizontalen Diſtanzſkala und in der Hinzufügung einer Vorrichtung zur indirekten Durchmeſſerermittelung. Die Handhabung des ganzen Apparates, der allerdings nur am Stative verwendet werden kann, iſt recht angenehm. Ein als Baſis des Ganzen dienendes, 15 cm langes, in Millimeter geteiltes Meſſinglineal (Fig. 66) trägt an ſeinen Enden A und M eine einfache Diopterreinrichtung, deren Okularöffnung ſich in einer kleinen Platte befindet, die ſich bei A um dieſelbe Achſe dreht, wie ein 20 cm langes Viſierlineal AN. Dieſer Arm AN kann durch eine Schraube S gegen AM auf und ab bewegt und in jeder Lage feſtgehalten werden. Über das Linial AM iſt eine genau paſſende Hülſe geſtreift, an der ein kurzes ſchweres Meſſingpendel P ſchwingt. Das letztere iſt über ſeinen Drehungspunkt hinaus nach oben in einem, gleichfalls mit Millimeterteilung verſehenen, dünnen Metallſtab verlängert, der ſomit durch das Gewicht von P ſtets eine vertikale Lage anzunehmen beſtrebt iſt.

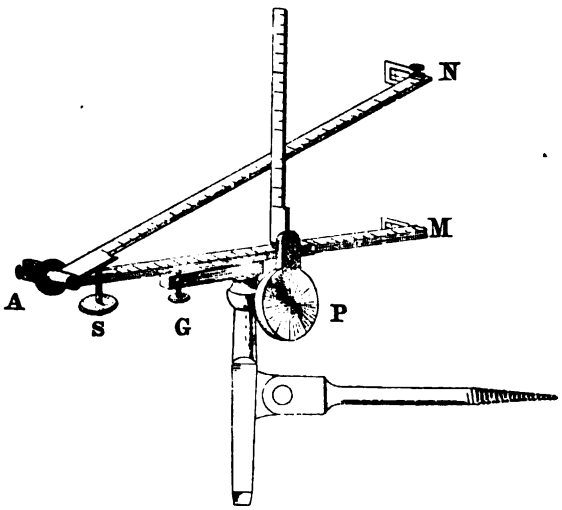


Fig. 66.
Höhenmeſſer von Klaußner.

Würde man nun vermittels der Viſiervorrichtung AM nach dem Fuße eines Baumes, mit AN aber nach deſſen Spitze viſieren, ſo würden, da die

Verlängerung des Pendels P senkrecht, d. h. parallel zur Baumachse steht, die drei Metallstäbe ein Dreieck darstellen, ähnlich dem von der letzteren und den beiden Visierlinien gebildeten Dreiecke, und man könnte die ganze Höhe der Stammaxe direkt am Schnittpunkt des Visierlineals mit der Pendelverlängerung ablesen, sofern man nur letztere auf den der Standlinie entsprechenden Teilstrich von AM eingestellt hat. Da als Einheit dieser Teilung 2 mm angenommen, einzelne Millimeter aber noch aufgetragen sind, so lassen sich noch halbe Meter der Standlinie hierbei berücksichtigen.

Die ganze Vorrichtung ist mittels einer Schraube G regulierbar auf einem Fuße befestigt, welcher auf eine Baumschraube (Fig. 66) aufgesteckt werden kann. Die grobe Einstellung erfolgt durch Drehen dieser Baumschraube, die feinere mittels der Schrauben S und G.

Beim Gebrauche befestigt man zunächst die Baumschraube, da eine Benutzung aus freier Hand nicht angängig ist, an einem Baume, einem feststehenden Stabe oder Stative und setzt das Instrument so auf, daß man nach dem Baume visieren kann. Alsdann wird die schiefe Standlinie AB gemessen und das Pendel auf den entsprechenden Strich der Basisteilung eingestellt Stellt man nun noch die beiden Diopterfäden bei M und N auf Fuß und Spitze des Baumes ein, was sich mit Hilfe der Schrauben G und S sehr genau bewerkstelligen läßt, so kann man an der Pendelverlängerung die Gesamthöhe des Baumes, am Visierlineal AN die schiefe Entfernung bis zur Spitze direkt bis auf halbe Meter ablesen, weitere Bruchteile schätzen.

Würdigung. Unter den einfacheren Stativinstrumenten ist das Klaußnersche eines der besten, das bei aller Einfachheit recht befriedigende Resultate ergiebt, da das schwere Pendel auch vom Winde nicht in Bewegung gesetzt wird. Die nur einmalige Ablesung befördert die Schnelligkeit des Arbeitens. Dabei ist es auch für andere Arbeiten, Abstecken von rechten Winkeln, Nivellieren (mit Hilfe einer kleinen Libelle) und Durchmessermessungen zu gebrauchen. Auf die Vorrichtung zur Durchmesserbestimmung wird später zurück zu kommen sein.

Verfertiger: Mechaniker Fichtner und Kollmann in München, Preis 40 Mk.

9. Das forstliche Universalinstrument von Peltzmann.

Das Peltzmannsche Dendrometer*) ist ein nach den verschiedensten Richtungen brauchbares Instrument. Es besteht aus 2 mittels Scharnieren (bei a und b) verbundenen Metallplatten von 9:20 cm Größe, von denen die unterste (Fig. 67a) an einem Stative entsprechend befestigt werden kann und eine Libelle, eine Boussole und eine später zu beschreibende Vorrichtung für

*) Nach Privatmitteilungen des Herrn Erfinders: Oberförster Ad. Peltzmann in Somogy Tarnocza, Ungarn.

Durchmessermessungen trägt. Liegt die obere Platte (Fig. 67b) auf ersterer flach auf, so sind Libelle und Boussole vermöge zweier entsprechender Ausschnitte L und B dennoch sichtbar. Auf dieser zweiten Platte befindet sich ein in halbe Grade geteilter Kreisbogen, sowie Raum für einen beliebigen Kartenmaßstab (M). Außerdem trägt diese Platte die Höhenmeßvorrichtung, welche der Faustmannschen nachgebildet ist, nur daß der Spiegel fehlt und daß an Stelle des Fadenpendels ein mit einem Gewichte beschwertes Messingpendel getreten ist, welches nicht nur zur Ermittelung der schiefen Entfernung eines anvisierten Höhenpunktes mit einer Teilung, sondern auch mit einem Diopterpaare $D_5 D_6$ versehen ist.

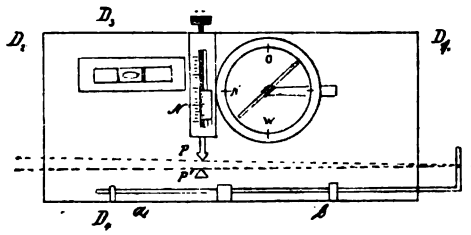


Fig. 67a.
Peltzmanns Dendrometer.

Hierdurch ist es möglich, an dem erwähnten Kreisbogen auch Horizontalwinkel einzustellen. Zur Absteckung rechter Winkel sind zwei (nicht gezeichnete) weitere Diopterpaare $D_1 D_2$ und $D_3 D_4$ umlegbar angebracht. Ein leichtes Dreifußstativ trägt mittels Aufsteckhülse und eines nach allen Seiten drehbaren Kniegelenkes das Instrument, das in einem handlichen Kästchen untergebracht, bequem in der Jagdtasche Platz findet.

Zum Gebrauche als Höhenmesser ist, falls man es nicht vorzieht, aus freier Hand zu messen, das Instrument auf dem Stative zu befestigen und die obere Platte aufzuklappen, so daß sie in eine Vertikalebene und senkrecht zur Fläche der unteren zu liegen kommt. Hierauf ist die gemessene Standlinie am Schieber S einzustellen, durch die Diopter $D_1 D_2$ zu visieren und die Höhe an der Teilung am unteren Rande der Platte II. abzulesen.

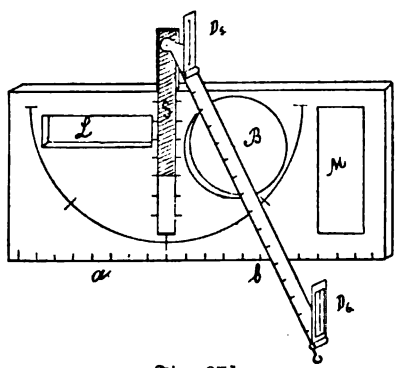


Fig. 67b.

Daß das Instrument in der vielseitigsten Weise für alle in der forstlichen Praxis vorkommenden Vermessungsarbeiten brauchbar ist, erhellt schon aus der kurzen Beschreibung. Die Benutzung einer Libelle für die Horizontalstellung garantiert diejenige Genauigkeit der Resultate, welche man von einem Diopterinstrumente überhaupt verlangen kann, sodaß der Apparat als wirklich praktisch empfohlen werden darf.

Verfertiger: Gebr. Fromme in Wien I. Preis 80 Kr.

β. Instrumente, anwendbar nur von bestimmten Standorten aus.

Hatten wir schon in dem Winklerschen Dendrometer einen Apparat kennen gelernt, welcher sich nur in gewissen Entfernungen vom zu messenden Objekt anwenden ließ, so kommen wir nun zu einer Gruppe von Instrumenten, deren Anwendbarkeit noch weiter, auf eine einzige ganz bestimmte Entfernung beschränkt ist. Da, wie vorweg bemerkt werde, diese Entfernung immer gleich der gesuchten Höhe ist, so sind alle diese Instrumente so eingerichtet, daß man mit ihrer Hilfe zunächst den betreffenden Standpunkt aufsucht und hinterher in seiner Entfernung vom Objekte zugleich das Maß für die Höhe desselben erhält. Ein derartiges Verfahren krankt an verschiedenen wesentlichen Mängeln, die aber am besten bei der nachfolgenden Beschreibung des einfachsten derartigen Instrumentes erkannt werden können.

10. Höhenmessung mittels eines rechtwinkeligen, gleichschenkeligen Dreiecks.

Fertigt man sich ein kleines, rechtwinkelig-gleichschenkeliges Dreieck aus Holz, Pappe oder Metall von ungefähr 15 cm Kathetenlänge und bringt man an einem der spitzen Winkel ein kleines Fadenpendel an, welches gestattet, dem Dreieck eine solche Lage zu geben, daß die eine Kathete vertikal, die andere horizontal steht, so hat man einen einfachen Baumhöhenmesser.

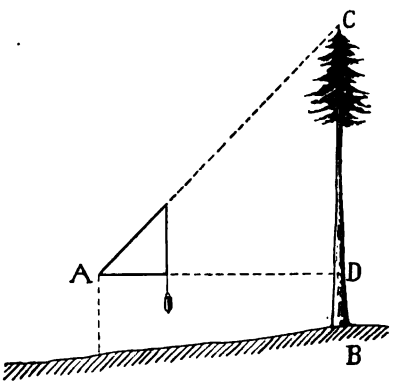


Fig. 68.

Zum Gebrauche bringt man das Dreieck in die angegebene Stellung und visiert von einem Punkte aus, dessen Entfernung vom Baum ungefähr seiner Höhe gleichkommt, über die Hypotenuse nach der Spitze des zu messenden Baumes. Durch Vorwärts- oder Rückwärtsgehen kann man bewirken, daß diese Visur — immer bei vertikaler Lage des Dreiecks — schließlich den Gipfelpunkt genau trifft. Dann muß, wie keines Beweises bedarf, wegen der Ähnlichkeit des Instrumentendreiecks mit dem großen △ACD (Fig. 68), die Strecke CD gleich der horizontalen Entfernung des Beobachters vom Baume AD sein. Befindet sich, wie durch eine Visur an der horizontalen Kathete schnell zu konstatieren ist, der Punkt A in gleicher Höhe mit dem Fußpunkt B des Baumes, so deckt sich B und D und wir erhalten in der direkt meßbaren horizontalen Entfernung zugleich die ganze Höhe des Baumes. Im anderen Falle muß der Punkt D am Baume markiert, BD gemessen und zu AD addiert werden.

Würdigung. Diese ganze Methode krankt an mehreren wesentlichen Mängeln. Zunächst ist das Verfahren überhaupt nur anwendbar in den Fällen, in welchen die Augenhöhe des Beobachters A nicht unterhalb von B und nicht höher über B zu liegen kommt, als daß man die Erhebung des Punktes D vom Boden aus noch bequem direkt abmessen kann. Es ist also beinahe ausschließlich auf ganz oder wenigstens annähernd ebenes Terrain beschränkt. Hierzu kommt bei der praktischen Ausübung noch der weitere Übelstand, daß man oft auch in den Fällen, wo es hiernach anzuwenden ist, durch lokale Terrainhindernisse oder Verdeckung des Zielpunktes gehindert wird, den ganz bestimmt gegebenen Standpunkt auch wirklich einzunehmen.

Bei der Benutzung des einfachen Dreiecks tritt, ganz abgesehen von der primitiven Visiereinrichtung, noch der Nachteil hinzu, welcher in der Unsicherheit der Vertikalstellung liegt. Denn so lange man keinen Gehilfen hat, kann man letztere im Moment des Visierens nicht kontrollieren.

Die Einfachheit der Methode läßt sie aber trotzdem als brauchbaren Notbehelf in den Fällen erscheinen, in welchen ein anderes Instrument nicht zur Hand ist. Es hat daher auch nicht an Versuchen zur Verbesserung gefehlt. So wollte z. B. T. Titelbach (M. d. Niederöster. F. V. 1882) das gleichschenkelig-rechtwinkelige Dreieck in etwas veränderter, hier nicht zu beschreibender Anordnung als Höhenmesser verwenden, ohne indes einen wesentlichen Vorteil gegenüber dem einfachen Instrument zu bieten.

Anmerkung. Ein gleichschenkelig-rechtwinkeliges Dreieck findet sich auch verwendet in dem alten Patent-Höhenmesser von Schmalkalder (nicht Schmalkaldener). Smalian, Beiträge zur Holzmeßkunst, Stralsund 1837, S. 59.

11. Das Dendrometer von Rueprecht.

In verbesserter Form dagegen ist das rechtwinkelig-gleichschenkelige Dreieck benutzt in dem Dendrometer von Rueprecht (Z. f. d. g. F. 1889, 97; Z. f. F. u. J. 1894, 427; Ö. F. 1893, 217), ohne daß jedoch jene prinzipiellen Mängel des Verfahrens behoben werden könnten.

Die Einrichtung des Instrumentes ist in kurzen Worten die folgende. Zwischen zwei dreieckigen, gehäuseartig festverbundenen Messingplatten P ist ein gleichschenkelig-rechtwinkeliges Dreieck MNS an dem Punkte T mit einer solchen Lage des Schwerpunktes aufgehängt, daß es nach Lösung einer hier nicht näher zu beschreibenden Arretiervorrichtung stets eine Lage einzunehmen sucht, in welcher die eine Kathete senkrecht, die andere horizontal liegt. An dem Gehäuse P ist die Visiervorrichtung angebracht, bestehend in einer Okularöffnung bei O und zwei Objektivfäden V^I und V^{II}, von denen letzterer aus bestimmten, mit der Benutzung zur Durchmessermessung zusammenhängenden Gründen, von O gerade 14,14 cm entfernt ist. Die Visur wird aber durch das im Innern des Gehäuses schwebende Dreieck MNS so lange versperrt,

bis man den Visierlinien durch entsprechende Drehung des Gehäuses P eine zur Hypotenuse bezw. horizontalen Kathete parallele Richtung giebt. Eine andere Visur als die horizontale oder die unter 45° gegen den Horizont ist bei aufrecht gehaltenem Instrument somit nicht möglich. Man kann also in derselben, aber wesentlich genaueren Weise, wie bei dem vorher beschriebenen einfachen Dreieck eine Höhe messen. Um nun auch den unterhalb des Horizontes liegenden Teil der Höhe messen zu können, ist an der vertikalen Kathete ein Schieber angebracht, welcher ebenfalls einen Objektivfaden V trägt, dessen Entfernung von V^{II} an einer Noniusvorrichtung No (in der Zeichnung der Deutlichkeit wegen verändert schematisch dargestellt) abgelesen werden kann und der sich gerade mit V^{II} deckt, wenn der Nonius Null zeigt. Da somit die Strecke OV^{II} (= 14,14 cm) konstant ist und $V^{II}V$ sich am Instrument messen läßt, auch die horizontale Standlinie AD bekannt ist (Fig. 68), so läßt sich hieraus das unterhalb des Horizontes liegende Stück des Baumes in dem Betrage

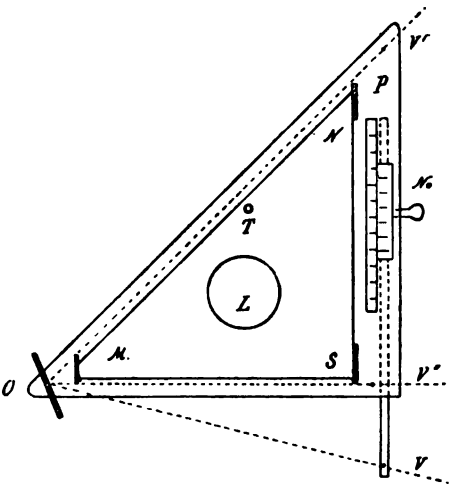


Fig. 69.
Dendrometer von Rueprecht.

$$DB = \frac{V^{II}V \cdot AD}{14{,}14}$$

berechnen und es ergiebt sich die Gesamthöhe

$$BC = CD + BD = AD\,(1 + 0{,}0707\,VV^{II}).$$

Zweckmäßigerweise wird man sich den Faktor $(1 + 0{,}0707\,VV^{II})$ für alle vorkommenden Beträge von VV^{II} ein für allemal berechnen und zu einem übersichtlichen Täfelchen zusammenstellen. Übersteigt BD nicht viel den Betrag von etwa 2 m, so wird man es natürlich vorziehen, das Stück direkt zu messen.

Gebrauch. Man begiebt sich in eine Entfernung vom Baume, welche ungefähr seiner Höhe gleichkommt, und ergreift das Instrument mit der Linken, indem die vier Finger die vertikale Seite umfassen, während der Daumen durch eine in dem Gehäuse und Pendeldreieck befindliche Öffnung L gesteckt wird. Hierdurch wird gleichzeitig die Arretiervorrichtung gelöst und das Visieren kann in der angegebenen Weise beginnen, bis man den Gipfel des Baumes im Diopter erblickt. Jetzt ist der über dem Horizont befindliche Teil des Baumes gleich der Standlinie, welche zu messen ist. Visiert man

nun von demselben Standpunkte aus und unter fortwährender Vertikalhaltung des Instrumentes über den Objektivfaden des nach Bedarf herauszuziehenden Schiebers nach dem Fuße des Baumes, so bekommt man die auf ganze Millimeter abzulesende Entfernung VV^{II} und durch leichte Rechnung, wie oben angegeben, die ganze Höhe des Baumes.

Kritik. Das Rueprechtsche Instrument kann die der Methode an sich anhaftenden Übelstände natürlich auch nicht beseitigen. Und wenn es innerhalb der Grenzen seiner Anwendbarkeit auch den Berichten nach für einen Handapparat sehr befriedigende Messungen liefert, so ist doch die Manipulation mit ihm, sobald es sich auch um Tiefenvisuren handelt, sowie das nachherige Multiplizieren der Standlinie mit jenem Faktor, nicht eben einfach. Prof. Müttrich fand z. B. bei der Prüfung des Instrumentes Fehler von — 0,17 m und — 0,29 m bei Höhen von 9 bezw. 15 m. Das sind ganz befriedigende Ergebnisse, man erreicht aber ebensolche mit anderen billigeren und viel bequemer arbeitenden Instrumenten.

Beziehbar von A. Rueprecht, Wien IV., Favoritenstraße 25. Preis 50 Kr.

12. Höhenmesser II von Havlick.

F. Havlick beschreibt (Z. f. d. g. F. 1889, 214) einen Höhenmesser, der eigenartig und neu auf den ersten Blick durch seine Einfachheit frappiert, aber doch einige Tücken in sich birgt, auf welche der Erfinder nicht hingewiesen hat. Das Instrument besteht aus zwei Visierlinealen ab und cd, welche, wie Figur 70 schematisch zeigt, mittels eines Verbindungsstückes bc leicht beweglich verbunden sind, aber mittels zweier Klemmschrauben bei b und c in beliebigem Winkel zu einander festgeschraubt werden können. Der Teil cd ist überdies mit einem angehängten Gewichte G beschwert.

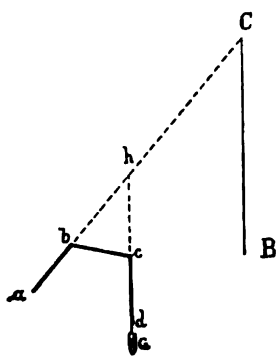


Fig. 70.
Havlicks Höhenmesser II.

Gebrauch. Fixiert man die gegenseitige Lage von ab und bc, in einem ungefähr 120° umfassenden Winkel durch Anziehen der Schraube bei b und visiert man aus einer ungefähr der Baumlänge gleichkommenden Entfernung vom Fußpunkte B des Baumes, über ab nach dessen Gipfel, so wird sich währenddessen der Teil cd senkrecht stellen und der ∢ ahd wird gleich ∢ aCB sein. (Fig. 70.) In dieser Lage zieht man die Schraube bei c fest an, so daß die drei Lineale ein festes Gefüge darstellen.

Nun dreht man das Instrument um, in die Lage der Figur 71, visiert wieder nach dem Baume und geht so lange vorwärts oder rückwärts, bis beide Visuren über ba und cd Gipfel und Fuß gleichzeitig treffen. In diesem

Augenblick muß das Dreieck hCB ein gleichschenkeliges sein, da die Winkel bei h und C gleich sind. Es ist daher die schiefe Linie hB gleich der gesuchten Höhe.

Kritik. Der zu Grunde liegende Gedanke ist sehr richtig. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß das Instrument versagt, sobald man sich zur Einstellung des ∢ ahd nicht fast genau an dem Punkte aufstellt, an welchen bei dem nochmaligen zweiten Visieren der Augenpunkt h zu liegen kommen wird. Tritt man zu nahe an den Baum heran, so fällt die Lage des Punktes bei der zweiten Visur tiefer als bei der ersten, und bleibt man bei der ersten Visur zu weit entfernt, so erhebt sich h, in beiden Fällen möglicherweise an unerreichbare Orte.

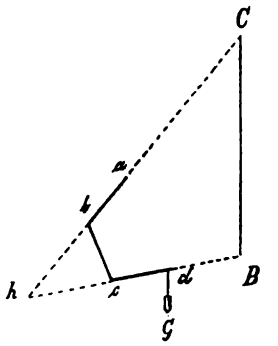


Fig. 71.

Beweis. Der geometrische Ort für die dritte Ecke aller gleichschenkeligen Dreiecke (Fig. 72), deren eine gleiche Seite BC sein soll, ist die Peripherie eines Kreises um B mit dem Radius BC. Auf diese muß also bei jeder Neigung des Terrains h in seiner zweiten Stellung (in Figur 72 stets durch einen oberen Indexstrich angedeutet) zu liegen kommen. Ein anderer geometrischer Ort dafür ist in der Richtung der ursprünglichen Visierlinie bei der ersten Visur zur Ermittelung des ∢ hCB gegeben; denn der ∢ hCB muß bei beiden Lagen des Instrumentes der nämliche bleiben. Am Schnittpunkte beider Orte ist im konkreten Falle die richtige Lage von h. Wie die Betrachtung der Figur 72 zeigt, fällt die zweite Lage h′ bezw. h'_1 schon bei relativ geringem Irrtume über die Länge von BC erheblich über oder unter die erste Richtungslinie von hB und h_1B.

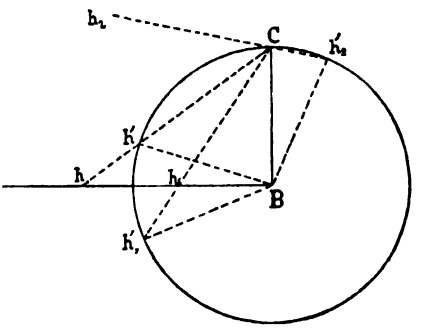


Fig. 72.

Die Anwendbarkeit des Instrumentes hört schließlich ganz auf, sobald man an steilen Hängen einen Baum von oben messen muß, wenn also h_2 gleich hoch oder höher wie C zu liegen kommt. (Visur h_2Ch'_2). Alsdann fällt der Schnittpunkt von Kreis und Visierlinie jenseits des Baumes. Man wird also durch diese Verhältnisse genötigt werden, die Operationen zu wiederholen, bis man die richtige Stelle für die erste Visur gefunden hat. Das kann aber recht zeitraubend sein, angenehm und bequem ist das Visieren mit einer solchen Visiervorrichtung auch sicherlich nicht.

Im übrigen aber kann ſich jedermann ein ähnliches, noch einfacheres Inſtrument ſelbſt herſtellen, wenn er zwei Lineale an ihrem Ende durch eine Klemmſchraube verbindet und die Vorrichtung in derſelben Weiſe verwendet. Es ſtellt das dann einen Notbehelf dar, der gegenüber dem einfachen rechtwinkelig-gleichſchenkeligen Dreieck doch bereits einen Fortſchritt darſtellt.

Das Havlickſche Inſtrument liefern Gebr. Fromme in Wien für 9 Kr.

13. Das Naſenkreuz.

In die Kategorie der brauchbaren Notbehelfe gehört auch das von F. A. Fricke (F. Bl. 1885, 156) beſchriebene, im übrigen aber bei Handwerkern an vielen Orten unter dem Namen Zimmermannsnaſe bekannte Naſenkreuz. Dasſelbe beſteht aus zwei Holzſtäbchen von ungefähr 29 und 26 cm Länge. Beide ſind durch eine Hülſe am Ende des längeren ſo miteinander verbunden, daß dieſes als Höhe, das kürzere als Baſis eines gleichſchenkeligen Dreiecks betrachtet werden kann. Setzt man den als Höhe fungierenden Stab auf die Naſenwurzel und viſiert über die Enden des anderen in der Richtung des Baumes, ſo kann man durch Vor- oder Rückwärtsgehen bewirken, daß beide Viſuren gleichzeitig Gipfel und Fußpunkt treffen. Dann iſt, wie a. a. O. des näheren nachgeleſen werden kann, die Länge des Baumes gleich ſeiner Entfernung vom Beobachter, aber nur in der Ebene. Borggreve fand (F. Bl. 1888, 92) bei den angegebenen Stablängen und bei Baumlängen von 10 m, 20 m und 30 m Fehler von — 1 m; ± 0 m und + 1,5 m. Sonſt werden folgende Fehlergrenzen angegeben, wenn das eine Stäbchen konſtant 29 cm iſt und des Querſtäbchens Länge beträgt:

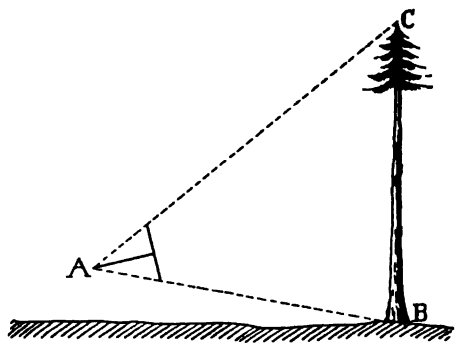


Fig. 73.
Naſenkreuz.

26,21 cm	bei mittl. Baumhöhe von	20 m	(14—26 m),	Fehlergrenze ± 0,35 m
26,04 „	„ „ „ „	23 „	(15—30 m),	„ ± 0,41 m
25,87 „	„ „ „ „	27 „	(20—34 m),	„ ± 0,33 m
25,77 „	„ „ „ „	30 „	(20—40 m),	„ ± 0,43 m

Hierzu kommen außerdem aber noch von individuellen Eigenſchaften der einzelnen Beobachter abhängige Differenzen von 1 bis 2 m. Mehr als eine leichte Hilfe bei Okularſchätzungen kann man daher in dem Werkzeug kaum erblicken, um ſo mehr als es den Fehler hat, nur in der Ebene und wie das

rechtwinkelig-gleichschenkelige Dreieck auch nur von einem Punkte aus anwendbar zu sein.

Verfertiger: Mechaniker Fentzloff, in Hann.-Münden. Preis: 1,50 Mk.

Den diesem Nasenkreuz zu Grunde liegenden Gedanken verwendet auch Seitz (F. Bl. 1891, 26) bei seinem, eine Verbindung von Höhenmesser, Kluppe und Metermaß darstellenden Instrumente, welches aus vier Stäben besteht, die beim Gebrauch entsprechend kombiniert werden, beim Nichtgebrauch hirschfängerartig sich zusammenlegen und tragen lassen.

14. Stötzers Universaldiopter.

Der beim Zimmermannskreuz obwaltende Gedanke, durch Aufsetzen des Instrumentes auf die Nasenwurzel ein Diopter zu sparen, findet sich wieder beim Stötzerschen Universaldiopter (A. F. u. J.-Z. 1886, 158 u. F. Bl. 1888, 28). Dasselbe ist für verschiedene geodätische und nivellitische Arbeiten von geringerer Bedeutung bestimmt, und besitzt auch eine Vorrichtung zum Höhenmessen. Es besteht aus einer Messingschiene, die gegen die Nase gestemmt und vermöge einer, während des Visierens in einem Spiegel sichtbaren, Libelle horizontiert wird. Auf jener ist eine Distanzskala eingeritzt, an welcher sich ähnlich wie beim Klaußnerschen Apparat eine vertikale Höhenskala nach der gemessenen Standlinie einstellen läßt. Die Teilung dieser Höhenskala ist durch Zähne, deren Spitzen als Visierstifte dienen, besonders hervorgehoben.

Besondere Handlichkeit oder Annehmlichkeit kann man dem Instrumente kaum nachrühmen, doch läßt es vermittels eines beigegebenen Kompasses und eines Statives, wie erwähnt, die verschiedenartigste Anwendung zu.

Verfertiger: Mechaniker E. Bischoff in Meiningen. Preis 40 Mk.

Anmerkung. In die Kategorie dieser Instrumente gehört auch das Instrument von Rudnick, beschrieben in einem im Selbstverlage des Erfinders 1885 in Ratibor erschienenen Schriftchen.

b) Hypsometer ohne direkte Messung der Standlinie.

Der Wunsch, das Messen zahlreicher Baumhöhen möglichst zu beschleunigen, führte schon frühzeitig*) auf den Gedanken, Instrumente zu konstruieren, welche das Messen der Standlinie, in der Regel der zeitraubendste Teil der Arbeit, ersparen sollten. In Wirklichkeit findet aber doch ein Messen jener Linie statt, wenn auch nur ein indirektes, beruhend auf einem Verfahren, welches in verfeinerter Ausführung bei den modernen Tachymetern (Distanzmessern) auch zur Anwendung gelangt.

Es liegt diesem Verfahren folgende Idee zu Grunde:

*) Vergl. Winkler, Anleitung zur Konstruktion u. s. w. eines einfachen Taschendendrometers. Wien 1846.

Denkt man sich (Fig. 74) neben eine zu messende Höhe eine Zieltafel BE von bekannter Länge aufgestellt und von einem Punkte A aus drei Visierlinien nach B, E und C so gezogen, daß sie eine zu BC parallele Linie FG in b, e und c schneiden, so muß nach den Gesetzen über die Ähnlichkeit der Dreiecke die Maßeinheit BE sich auf BC ebenso oft auftragen lassen, wie ihre Verjüngung be auf bc.

Fixiert man nun auf dem in Fig. 74 schematisch durch starke Linien dargestellten Instrument FG die Entfernung be, etwa durch zwei Objektivfäden, und stellt man sich in irgend einem anderen Punkte mit diesem Instrumente von neuem auf, so kann man durch entsprechendes Vor- oder Rückwärtsschieben des Okulares A wiederum bewirken, daß die Visuren Ab und Ae in ihrer Verlängerung die Punkte B und E treffen; dann aber wird nach einer neuen Visur AcC wiederum bc die Verjüngung der Linie BC und zwar im Verhältnis BE : be darstellen. Man kann also, so lange das Verhältnis BE : be konstant bleibt, mit anderen Worten, so lange man dieselbe Zieltafel BE und dieselbe Objektivfadendistanz bc anwendet, an dem vertikalen Teile des Instrumentes bc, der mit der Maßeinheit be geteilt ist, die Höhe BC direkt ablesen (und ebenso, sofern hier dieselbe Teilung angebracht ist, in der Linie Ab die Länge der schiefen Standlinie AB).

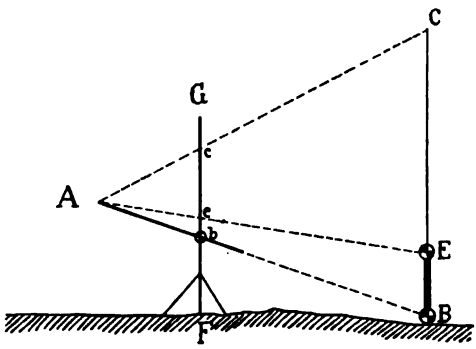


Fig. 74.

Würde an einem so eingerichteten Instrumente sich außerdem noch an bc eine horizontale und zu Ab senkrechte Skala, ebenfalls mit der Teilungseinheit bc, befinden, so müßte man an dieser, wie leicht einzusehen, auch horizontale Längen, etwa Baumdurchmesser, ablesen können, aber wohlgemerkt, nur, nachdem man vorher mit Hilfe der Zieltafel BE den Arm Ab entsprechend eingestellt hat.

Auf dieser Theorie beruht sowohl der Höhenmesser von Sanlaville, wie der von Heyer-Staudinger, von welchen beiden der erstere als Typus nachfolgend genauere Beschreibung finde.

15. Das Dendrometer von Sanlaville.

Das Dendrometer von Sanlaville (M. f. F. u. J. 1870, 254) besitzt in der Form, wie es von dem Mechaniker Schablaß in Wien hergestellt wurde, folgende Einrichtung.

Auf einem einfachen Stative, dessen Füße zugleich als Aufbewahrungsort für die beiden ca. 40 cm langen Skalenstäbe des Instrumentes während des Nichtgebrauches dienen, sitzt abschraubbar ein Messingkonus K, der mit Hilfe von 4 paarweise diametral gegenüberliegenden Schrauben SS in bekannter Weise die Vertikalstellung des auf ihm ruhenden Instrumentes gestattet. Dasselbe besteht zunächst aus einem zweiteiligen bei a drehbaren Messingaufsatz A, auf welchem ein prismatischer, etwa 35 cm langer Messingstab M, (die in Centimeter geteilte Höhenskala) sich aufschrauben läßt. Weiter trägt jener Aufsatz A einen Gradbogen G mit Grad- und Prozenteinteilung, dessen Durchmesser durch eine Hülse H zur Aufnahme eines weiteren Messingstabes N, (der ebenfalls in Centimeter und Millimeter geteilten Distanzskala), gebildet wird. Diese Hülse H trägt schließlich noch eine kleine justierbare Libelle L.

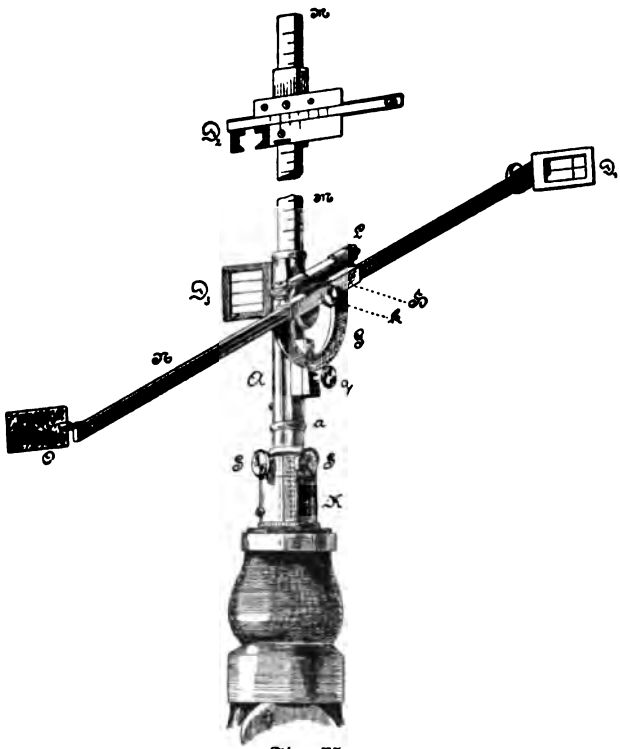


Fig. 75.
Dendrometer von Saulaville.

An Visiervorrichtungen sind vorhanden: bei O ein drehbares und an beiden Seiten des Stabes N einzustecken des Okular, bei D_1 ein Fadenkreuz, bei D_3 drei horizontale Diopterfäden, je 0,5 cm voneinander entfernt, deren unterster in der Linie OD_1 liegt und den Anfangspunkt der Teilung auf M darstellt, sowie schließlich ein Schieber D_2, dessen untere Kante als Absehvorrichtung dient und der gleichzeitig eine Einrichtung zum Messen von Baumdurchmessern besitzt. Sämtliche Visiervorrichtungen, bis auf D_2, sind abnehmbar. Die Distanzskala N läßt sich in ihrer Führung H verschieben und durch eine Klemmschraube k in bestimmter Stellung festhalten, auch der Gradbogen G wird durch eine Klemmschraube q arretiert.

Des weiteren gehört zum Instrument noch ein Normalmaß, d. h. eine

Ziellatte (BE in Fig. 74), welche zweckmäßigerweise nach Art der Nivellierlatten eingerichtet ist, d. h. zwei Visierscheiben in bestimmter Entfernung voneinander (1 oder 2 m etwa) festzustellen gestattet.

Gebrauch. Man stellt an einem geeigneten Standorte das Stativ fest in den Boden und setzt auf ihm das Instrument in der beschriebenen Weise zusammen, doch so, daß der Indexstrich des Gradbogens auf O feststeht. Hierauf bringt man die Libelle in die Richtung zweier gegenüberliegender Schrauben S und bewirkt durch entgegengesetztes Drehen derselben das Einspielen der Blase; dreht man hierauf die Libelle um 90 Grad und bringt sie wieder zum Einspielen, so hat der Stab M eine vertikale, der Stab N eine horizontale Lage erhalten.

Hierauf stellt man die Ziellatte senkrecht an den zu messenden Baum und visiert durch die Okularöffnung O über den unteren und den oberen Faden des Objektivs D_3 nach derselben, indem man nach Lösung der Schrauben q und k den Stab N und damit zugleich das Okular O entsprechend verschiebt. Stimmt diese Visur, so werden beide Schrauben wieder angezogen und durch Okular O unter Verschiebung des Schiebers D_2, an dessen Untenkante vorbei, nach dem gesuchten Höhenpunkt visiert. Jetzt kann man an der Skala M aus der Stellung des Schiebers D_2 die gesuchte Höhe und zwar die ganze Höhe und ebenso an der Stellung des Stabes N, dort, wo derselbe aus H herausragt, die (schiefe) Entfernung des Okulars O vom Fuße des Baumes ablesen und zwar direkt in Metern und Decimetern, wenn das Normalmaß ebenfalls eine Länge von 1 m besaß. Hatte dagegen dasselbe 2 oder 3 m Länge, so sind, wie leicht ersichtlich, die Ablesungen mit 2 bezw. 3 zu multiplizieren.

Würde man dagegen zum Einstellen den unteren und den mittleren Faden von D_3 benutzt haben, so müßte man bei einer Lattenlänge von 1 m die Ablesung ebenfalls mit 2, bei einer Lattenlänge von 2 m mit 4 multiplizieren, während umgekehrt bei einer Lattenlänge von 0,5 m wieder die Ablesung gleich das richtige Resultat darstellen würde.

Daß man das Instrument außer zu Durchmessermessungen, auch noch als Nivellierinstrument und als Entfernungsmesser benutzen kann, ergiebt sich aus seiner Einrichtung von selbst.

Der frühere Verfertiger, J. Schablaß in Wien, ist verstorben; ein bestimmter Lieferant kann daher nicht angegeben werden. Der frühere Preis war 60 Mk.

16. Ed. Heyers Hypsometer.

Das nach den Angaben Ed. Heyers von Staudinger 1869 konstruierte Instrument*) unterscheidet sich von dem Sanlavilleschen nicht im Prinzipe, sondern nur in der Ausführung. Dasselbe war im allgemeinen etwas kräftiger

*) Ed. Heyer, Über Messung der Höhen sowie der Durchmesser der Bäume. Gießen 1870, S. 29.

gebaut, es fehlte der Höhenkreis, dafür aber besaß es eine Einrichtung, die Höhenskala gegen die Vertikale zu neigen, um auf diese Weise auch die Länge schiefstehender Stämme direkt am Instrument ablesen zu können. Heyer legte hierauf großen Wert; meines Erachtens mit Unrecht. Denn für solche Untersuchungen, bei welchen es auf möglichste Genauigkeit ankommt, wird man auffällig schiefstehende Bäume überhaupt nicht auswählen, und für die Aufnahmen der Praxis liegt bei schwach geneigten Bäumen die Differenz zwischen gemessener Vertikalhöhe und thatsächlicher Länge stets innerhalb der Fehlergrenzen des Instrumentes, sofern man nur die unten angegebenen Vorsichtsmaßregeln, vor allem Aufstellung senkrecht zur Neigungsebene, gut beobachtet. Es bleiben somit nur ganz vereinzelte Fälle der Messung stark geneigter Stämme übrig, denen zu Liebe man das Instrument nicht unnütz komplizieren sollte.

Angefertigt wurde das Instrument von Staudinger jetzt Spörhase in Gießen zum Preise von ca. 90 Mk.

Würdigung. Wenn auch das Sanlavillesche Instrument wenig in die forstliche Praxis übergegangen ist, so dürfte doch die Baursche Kritik*): „teuer, umständlich und zeitraubend" nicht zutreffen. Gerade für die Zwecke, für welche in Zukunft höchst wahrscheinlich eine genaue Ermittelung der Höhe (und des Durchmessers) stehender Bäume immer häufiger werden wird, bedarf man eines genauer arbeitenden Stativinstrumentes. Außerdem lassen sich, in lichten Beständen wenigstens, von einer Aufstellung meist mehrere Stämme nacheinander messen und was man an Zeit für die Aufstellung braucht, erspart man reichlich durch das Wegfallen der Distanzmessung. So konnte Heyer**) mit seinem ganz ähnlichen Instrument in einer Stunde im 40jährigen Bestand 23, im 60jährigen 28 und im 80jährigen 35 Stämme messen. Die Genauigkeit ist dabei, nicht blos wegen der sicheren Aufstellung, sondern auch wegen der Größe des Instrumentes eine größere, als bei den gebräuchlichen Freihandinstrumenten. An Preise von 60 Mk. und darüber für forstliche Instrumente haben wir uns im übrigen auch allmählich gewöhnt. Da das Sanlavillesche Instrument außerdem wegen des Fehlens eines Pendels unabhängig von der Luftbewegung ist und nebenher noch anderweite Verwendungen als Nivellierinstrument u. s. w. zuläßt, so könnte man ihm eine weitere Verbreitung wünschen. Die Heyersche Ausführung erscheint allerdings zu teuer und überflüssig kompliziert.

17. Der Höhenmesser von Christen.

Einer der einfachsten, wenn nicht der allereinfachste, und dabei hinreichend genau arbeitende Höhenmesser ist der des schweizerischen Oberförsters T. Christen in Biel (Schw. Z. 1891, 220; A. F. u. J. Z. 92, 72; Z. f. F. u. J. 92, 285;

*) Baur, Holzmeßkunde S. 155.

**) Heyer, Über Messungen der Höhen u. s. w.. Gießen 1870, S. 38.

F. Zbl. 92, 45; Z. f. d. g. F. 92, 1), für welchen allerdings G. Haas in Aggsbach (Ö. F. 92, 20) die Priorität der Erfindung beansprucht.

Derselbe besteht aus weiter nichts, als einem 1,5 mm dicken und 2,3 cm breiten Messinglineal von der in Figur 76 in $^1/_5$ der natürlichen Größe dargestellten Form, welches eine nach bestimmten Rücksichten bemessene ungleiche Teilung zeigt. Es wird aus freier Hand gebraucht und verlangt nur noch eine Visierlatte von 2 bis 4 m Länge.

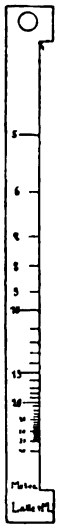


Fig. 76.

Theorie: Stellt man (Fig. 77) eine etwa 4 m lange Latte BE senkrecht so neben den Baum, daß sie gleich weit mit dessen Achse BC vom Auge A des Beobachters entfernt ist, so kann man das senkrecht herabhängende Lineal in eine solche Lage bringen, daß die Visierlinien AC und AB die beiden vorspringenden Nasen desselben bei b und c gerade berühren. In derselben Lage sieht man aber auch an der Kante des Lineals bei e das obere Ende der Latte BE und es gilt infolge der Ähnlichkeit der Dreiecke die Gleichung:

$$BC : BE = bc : be;$$

oder auch

$$be = \frac{BE \cdot bc}{BC}.$$

Hierin ist bc bekannt als konstante Länge des Lineals (30 cm), ebenso die Lattenlänge BE (4 m). Berechnet man nun für alle vorkommenden Baumhöhen BC die Beträge be und trägt sie der Reihe nach auf dem Instrumente auf, indem man zugleich die zugehörigen Höhen BC an die Teilstriche hinzuschreibt, so erhält man die empirische Skala des Instrumentes, bei welcher die Strecken be mit wachsender Höhe des Baumes proportional abnehmen müssen.

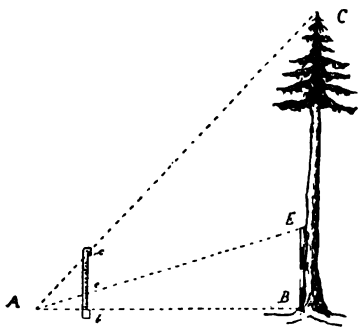


Fig. 77.
Christens Höhenmesser.

Anwendung. Man begiebt sich an einen geeigneten Standort, von dem aus man sowohl Fußpunkt und untere Stammpartie, wie den zu bestimmenden oberen Punkt bezw. den Gipfel übersehen kann, nachdem man vorher die Latte in der angegebenen Weise neben den Baum gestellt hat. Alsdann bringt man das Instrument, welches man mit der linken Hand am oberen Ende leicht erfaßt, so daß es frei herabhängt, in eine solche Lage zum Auge, daß die Visuren nach Fuß und Gipfel des Baumes die beiden vorspringenden Nasen immer gerade berühren. Indem man jetzt das Instrument unverrückt festhält und den Kopf nicht bewegt, visiert man nach dem oberen Ende der Latte und liest am Schnittpunkte dieser

Visur mit der Teilung des Lineals die zugeschriebene Länge ab. Die Einteilung der Skala ist für eine Lattenlänge von 4 m berechnet, man kann jedoch jede beliebige Länge l verwenden, muß dann aber, wie eine einfache Überlegung zeigt, die abgelesenen Höhen im Verhältnis dieser Länge zu 4 m, d. h. mit $\frac{l}{4}$ reduzieren, also z. B. bei 2 m mit $\frac{2}{4}$, bei 5 m mit $\frac{5}{4}$ multiplizieren.

Vorzüge: 1. Das Instrumentchen erspart nicht nur die Messung einer Standlinie, sondern gewährt auch im Gegensatze zu den meisten anderen ähnlichen Instrumenten einen wesentlich weiteren Spielraum für die Aufstellung. Die Entfernung kann, wie aus dem Verhältnis der Länge des Instrumentes zur Armlänge hervorgeht, ungefähr 0,8 bis 1,6 der Baumhöhe betragen.

2. Es arbeitet im geneigten Terrain ebenso sicher, und was wesentlich ist, auch ebenso rasch, wie in der Ebene.

3. Es ist nur eine einzige Ablesung notwendig; daher geht die Arbeit sehr rasch von statten und beansprucht nur etwa $^4/_7$ des Zeitaufwandes, welchen die gebräuchlichsten einfachen Höhenmesser von Weise oder Faustmann verursachen. Die Tagesleistung beträgt bei 1 Gehilfen etwa 700—900 Stämme, gegenüber etwa 400 bei den genannten Instrumenten. Maximalleistung 1200 bis 1500 Stämme.

4. Wenn auch bei einer großen Zahl von Messungen ein Gehilfe, der die Latte an die Stämme hält, die Arbeit sehr erleichtert und beschleunigt, so kommt man doch auch im Notfalle ganz gut ohne solchen aus. Nicht einmal die Mitführung einer Latte ist unbedingt erforderlich, weil man sich eine solche im Walde abschneiden oder auch sogar bloß mit Hilfe des Instrumentes selbst in etwa 2 m Höhe eine Marke am Baume abmessen und bezeichnen kann.

5. Der Transport und das dauernde Mitführen des Höhenmessers verursacht gar keine Unbequemlichkeiten.

6. Der Preis ist äußerst billig: 5,60 Frcs. franko vom Erfinder: Oberförster Christen in Biel, Schweiz; 5,75 Mk. bei W. Spörhase in Gießen, Hessen.

Nachteile. Ein besonderer Nachteil kann fast nicht genannt werden, es sei denn, daß man die etwas geringere Genauigkeit am Einzelstamm oder das Erfordernis eines scharfen Auges und einer ruhigen Hand als solchen bezeichnen will. Als vorteilhaft hat es sich in dieser Beziehung erwiesen, wenn man die haltende Hand auf einen Stab stützt.

Genauigkeit. Übereinstimmend wird die gute Genauigkeit des einfachen Werkzeuges gerühmt. Die Fehler bewegen sich am Einzelstamm zwar in etwas weiteren Grenzen, als etwa beim Weiseschen und bei ähnlichen Instrumenten, das Mittel aus einer größeren Zahl von Messungen ist jedoch sehr günstig. So

fand man z. B. bei Untersuchungen in Württemberg (A. F. u. J. Z. 1893, 326) bei Messungen aus freier Hand im Durchschnitt für alle Baumhöhen von 10 bis über 30 m einen

	Fehler im Maximum	Mittel
bei 66 Buchen	+ 16,9 und — 11,8 %	— 0,2 %
bei 13 Fichten	+ 1,3 und — 8,1 %	+ 1,0 %.

18. Das Centimetermaß als Höhenmesser.

Einen ganz einfachen Höhenmesser kann man sich nach den Mitteilungen von C. Hub, k. k. Forstverwalter in Flachau bei Salzburg (Ö. F. 1892, 59) selbst aus einem gewöhnlichen Centimetermaß herstellen, indem man beispielsweise am Ende der ersten 4 cm eine deutliche Marke anbringt; dies geschieht am einfachsten, indem man diese Strecke mit schwarzem oder weißem Papiere überklebt. Stellt man nun wie beim Christenschen Höhenmesser eine 4 m lange Latte an den zu messenden Baum und hält an beliebigem Standorte den Maßstab, ähnlich wie bei dem genannten Instrument so, daß der überklebte Teil die Latte gerade deckt, so muß man, sofern man Maßstab und Auge nicht verrückt, beim Blicke nach der Spitze des Baumes am Maßstab in der betreffenden Centimeterzahl die Höhe des Baumes direkt in Metern ablesen können. Ein Beweis hierfür ist nicht erforderlich, er ergiebt sich von allein aus dem Vorhergesagten.

Auf eine erhebliche Genauigkeit kann man bei diesem einfachen Verfahren natürlich nicht rechnen, auch darf man nie zu nahe an einen Baum herantreten, weil der Maßstab immer in $^1/_{100}$ der Standlinie vom Auge entfernt gehalten werden muß und bei geringer Entfernung je nach der verschiedenen Sehschärfe leicht vor dem Auge verschwimmt. Vor allen Dingen aber tritt dann die Schwierigkeit auf, beim Blick nach oben den Kopf bezw. das Auge nicht zu verdrehen. Je weiter man aber vom Baume sich entfernt, desto ungenauer wird natürlich wieder die Ablesung. Schwierigkeiten bereitet auch das vertikale Halten des Centimeterstabes, sofern man diesen nicht an seinem unteren Ende mit einem angebundenen Gewichte, einem Steine u. dergl. beschwert.

Als Hilfsmittel für Okularschätzungen und zur gelegentlichen Anwendung kann jedoch dieses einfache Verfahren bestens empfohlen werden.

Anmerkung. Anhangsweise sei erwähnt, daß man auch mittels eines gewöhnlichen photographischen Apparats Baumhöhen annähernd bestimmen kann, wenn man denselben mit vertikaler Mattscheibe gegen den Baum richtet, eine Latte von bekannter Länge an letzteren stellt und die Bildgröße von Baum und Latte miteinander mit Hilfe eines Zirkels auf der Scheibe vergleicht.

Zweites Kapitel.
Trigonometrische Höhenmesser.

Die Theorie des trigonometrischen Höhenmessens*) ist bereits S. 119 kurz angedeutet. Es geht daraus hervor, daß man zu diesem Zwecke jeden mit einem Höhenkreise versehenen Theodoliten, ebenso aber auch gleich eingerichtete Boussolen, Nivellierinstrumente und Kippregeln verwenden kann. Indessen ist die Benutzung derartiger Präzisionsinstrumente doch nur für solche Fälle angezeigt, in denen es sich um größere Entfernungen und höchste Genauigkeit handelt. Für die Messung von Baumhöhen sind solche Instrumente zu teuer und zu umständlich, und wenn man auch für einzelne Zwecke forstlicher Höhenmessungen mit Vorteil Fernrohrinstrumente, wenn auch sachgemäß vereinfachte, anwenden wird, so genügen doch in den meisten Fällen schon einfachere Vorrichtungen mit Dioptervisierung, Gefällmesser mit genügend weit reichender Teilung, wie sie in großer Zahl konstruiert worden sind, vollkommen zur Lösung der gestellten Aufgaben.

Die Teilung aller solcher Instrumente kann sein eine **Winkelteilung**; dann aber ist es notwendig, in einer beigegebenen Tafel der Winkelfunktionen die zugehörigen Tangenten für die Berechnung der Höhe aufzusuchen. Viel zweckmäßiger ist es daher, die Einteilungen gleich mit den **Zahlenwerten der Tangenten**, oder was gleichbedeutend ist, mit einer **Prozenteinteilung** zu versehen, um jenes Nachschlagen zu ersparen. Um Irrtümern bei der Benutzung solcher Gefällmesser zu entgehen, hat man sich daher jederzeit vor dem Gebrauche über die Art der angebrachten Teilung zu verlässigen. Eine Übersicht über die Beziehungen zwischen Neigungswinkeln (Graden) und Gefällprozenten bezw. Tangenten giebt noch folgendes Täfelchen:

Verwandlung von Neigungswinkeln alter Teilung in Gefällprozente

1°	=	1,75 %	11°	=	19,44 %
2°	=	3,49 %	12°	=	21,26 %
3°	=	5,24 %	13°	=	23,09 %
4°	=	6,99 %	14°	=	24,93 %
5°	=	8,75 %	15°	=	26,79 %
6°	=	10,51 %	20°	=	36,40 %
7°	=	12,28 %	25°	=	46,63 %
8°	=	14,05 %	30°	=	57,74 %
9°	=	15,84 %	35°	=	70,02 %
10°	=	17,63 %	40°	=	83,91 %
			45°	=	100,00 %

Verwandlung von Gefällprozenten in Neigungswinkel alter Teilung

1 %	=	0,6°	14 %	=	8,0°
2 %	=	1,2°	15 %	=	8,5°
3 %	=	1,7°	20 %	=	11,3°
4 %	=	2,3°	25 %	=	14,0°
5 %	=	2,9°	30 %	=	16,7°
6 %	=	3,4°	40 %	=	21,8°
7 %	=	4,0°	50 %	=	26,6°
8 %	=	4,6°	60 %	=	31,0°
9 %	=	5,2°	70 %	=	35,0°
10 %	=	5,7°	80 %	=	38,7°
11 %	=	6,3°	90 %	=	42,0°
12 %	=	6,9°	100 %	=	45,0°
13 %	=	7,4°			

*) Specielles über trigonometrische Höhenmesser z. B. bei **Jordan**, Handbuch der Vermessungskunde. 4. Aufl. Stuttgart 1893. II. Bd. S. 471.

a) Höhenmesser mit Pendel.

1. Der einfache Gradbogen.

Der einfachste und von selbst gegebene trigonometrische Höhenmesser ist der einfache Gradbogen, wie er z. B. in den gewöhnlichen Marktscheideinstrumenten Verwendung findet. Die Firma Ertel und Sohn in München fertigte früher einen solchen für forstliche Zwecke aptierten an, der im Gebrauche, abgesehen von der allen Instrumenten mit Fadenpendel anhaftenden Unannehmlichkeit der Beeinflussung durch den Wind, recht angenehm ist. Nach einem in der hiesigen Sammlung befindlichen Exemplar besteht derselbe aus einem in Grade und Prozente geteilten halben Kreisbogen aus Messing von 16 cm Durchmesser, welcher mit Hilfe einer durch sein Centrum gehenden Schraube S an einem einfachen Stockstative drehbar befestigt und durch eine ebenda angebrachte kleine Feder in jeder Lage festgehalten wird. An den Enden des Durchmessers ist eine einfache Diopter-einrichtung D_1 und D_2 zum Vorwärts- und Rückwärtsvisieren angeschraubt. Von jenem Centrum aus hängt ein Fadenpendel P herab, das zunächst vermittelst eines ihm gegenüberstehenden Stiftes am Stockstative T das Senkrechtstellen des letzteren ermöglicht und dann an dem Gradbogen die Neigung der Visierlinie $D_1 D_2$ abzulesen gestattet. Der Apparat leidet außer an dem schon erwähnten Fehler nur an dem Übelstand, daß er am besten nur am Stative, aus freier Hand dagegen nur unbequem und unter Hilfeleistung einer zweiten Person behufs Kontrolle des Vertikalhaltens und zum Ablesen benutzt werden kann. Es arbeitet sich aber im ganzen recht gut mit ihm, namentlich auch bei schwachem Lichte im dunkeln Bestande.

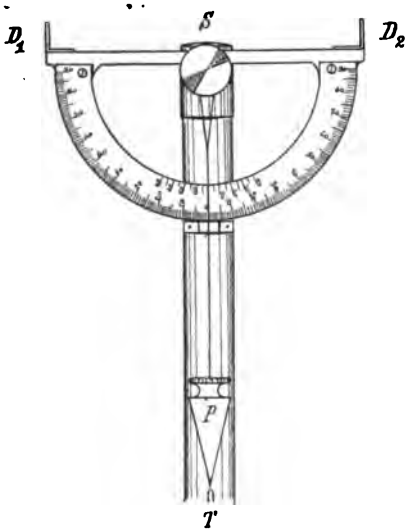


Fig. 78.

Den einfachen Apparat kann jeder Mechaniker für geringen Preis herstellen.

2. Der Meßknecht von R. Preßler.

Zur Gruppe der einfachen Fadenpendelinstrumente gehört auch der von M. Rob. Preßler, dem früheren Professor an der Forstakademie Tharand, konstruierte Meßknecht*), welcher im Grunde auf nichts anderes, als auf die

*) Preßler, das mathematische Aschenbrödel oder der Ingenieur-Meßknecht als Universalinstrument mathematischer Gymnastik und Praxis in Schule, Werkstatt, Wald und Feld. Braunschweig 1854 u. 1862, siehe auch dessen Neue holzwirtschaftliche Tafeln, Dresden 1857 u. 1869.

Anwendung des soeben beschriebenen Gradbogens hinausläuft, aber zu diesem Zwecke nicht nur in eine besonders handliche Form gebracht ist, sondern auch eine solche Fülle anderweiter oft gebrauchter Rechnungshilfsmittel enthält, daß er wirklich eine größere Verbreitung in der Hand des praktischen Forstmannes verdient, als er — zum Teil vielleicht infolge der Ignorierung in Baurs Holzmeßkunde — in Wirklichkeit inne hat.

In gebrauchsfertigem Zustande stellt er die Ecke eines Würfels dar, dessen Kante als Visiervorrichtung benutzt wird und dessen Seitenfläche eine Kreisteilung aufweist, an welcher man die Neigung der Würfelkante gegen den Horizont vermittelst eines im Mittelpunkte jenes Kreises befestigten Fadenpendels ablesen kann. Das Ganze ist aus fester Pappe gefertigt, mit lackiertem Papiere überzogen und läßt sich für den Transport wie der Umschlag eines Buches in Brieftaschenformat 20 : 11 cm zusammenklappen. Mit Hilfe einer Schraube kann man den Knecht auch an einem Stabe befestigen und dann außer zu schärferen Höhenmessungen auch zum Nivellieren u. s. w., ja unter Benutzung eines kleinen Diopterlineals auch zum Abstecken von Horizontalwinkeln und zu anderen geometrischen Aufnahmen, bei denen es nicht auf große Genauigkeit ankommt, benutzen. In dem sogen. „Zeughäuschen" sind verschiedene Hilfsapparate für solche Zwecke beigegeben.

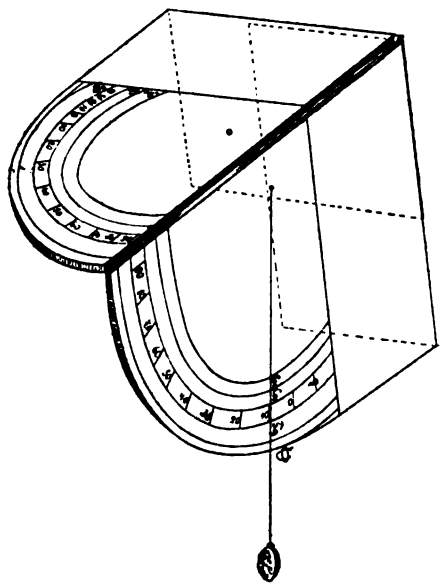


Fig. 79.
Preßlers Meßknecht.

Über die Benutzung ist etwas Besonderes nicht hinzuzufügen. Man bringt zunächst den Meßknecht in die Form der Würfelecke, wobei, um Verletzungen desselben zu vermeiden, sorgfältig darauf zu achten ist, die rechte umgebogene Hälfte unter die linke zu stecken und nicht umgekehrt. In dieser Form wird das Instrument mit der linken Hand, den Daumen nach innen, die anderen Finger nach außen gerichtet, fest- und zur Visur vor das Auge gehalten. Die Ablesung erfolgt in Graden oder Tangenten (Prozenten) entweder durch einen Begleiter oder aber durch den Visierenden selbst, indem dieser durch eine leichte Neigung des Instrumentes den Pendelfaden zum Aufliegen bringt, so daß seine Lage bei weiterer vorsichtiger Drehung abgelesen werden kann.

Würdigung. Bei Beurteilung dieses Instrumentes muß man sich vergegenwärtigen, daß es in einer Zeit entstanden ist, welche bei vielen forstlichen Messungen noch nicht die Präzision unserer Tage verlangte, und daß es seinem Erfinder darauf ankam, ein **Hilfsmittel** zu liefern, das sich vermöge der **Vielseitigkeit** seiner Anwendung zum ständigen **Begleiter des Forstmannes** eignete, und zu diesem Zwecke vor allem sehr **bequem in der Benutzung und beim Transporte**, nebenbei aber auch **sehr billig** sein mußte. Daß diese Eigenschaften sämtlich vorhanden sind, wird niemand ableugnen können und was die **Genauigkeit** anlangt, so kann der Meßknecht mit allen einfachen Instrumenten wohl konkurrieren. Er giebt nicht nur Ablesungen der Winkel, sondern auch zugleich von Sinus, Tangente, Sekante, Kosekante, Segment und Bogen derselben.

Er enthält neben einer Reihe von — jetzt vielleicht weniger wichtigen — Umwandlungsfaktoren der verschiedensten Maße, neben einer kleinen Nachwerts- und Rentenendwertstafel, einer Quadrat- und Kubikwurzeltabelle und einer recht brauchbaren Reziprokentafel, vor allen Dingen eine vollständige **Logarithmentafel**, und das alles in einem Raume, der geringer ist als ein gewöhnliches Notizbuch. Man hat ihm die Ausführung in Pappe und damit zusammenhängend mangelnde **Haltbarkeit** zum Vorwurfe gemacht; ein nur einigermaßen vorsichtig behandelter Meßknecht hält aber 10 und 15 Jahre selbst bei fleißigem Gebrauche aus und noch länger. Ein Nachteil ist, daß bei unvorsichtigem Drehen und Bewegen vor und bei dem Ablesen der Pendelfaden sich verschieben kann, so daß Ableseſehler entstehen. Man kann dem aber leicht abhelfen, wenn man durch einen Gehilfen ablesen läßt, oder noch einfacher, wenn man einen Spiegel, ähnlich wie beim **Faustmann**schen Höhenmesser, anwendet. Man stellt sich denselben selbst her, indem man ein etwa 10 cm langes und 4 cm breites Stück Spiegelglas auf einen längeren Pappstreifen aufleimt, dessen hervorstehendes Ende zwischen die beiden umgebrochenen Seitenflächen des Meßknechtes geklemmt wird und dem man beim Gebrauche mit dem kleinen Finger der linken Hand die entsprechende Neigung giebt.

Der Meßknecht erscheint im Verlage der Buchhandlung **Moritz Perles** in Wien I., Seilergasse 4 und ist durch jede Buchhandlung zum Preise von 2,50 Mk. zu beziehen.

Anmerkung 1. Eine in Messing ausgeführte, aber lediglich als Höhen- und Gefällmesser am Stative verwendbare Nachbildung des **Preßler**schen Meßknechtes stellt der **Höhenmesser des Mechanikers Sprengler** in St. Gallen dar, welchen **Baur** (Holzmeßkunde S. 158) näher beschreibt. Das Instrument bietet dem **Preßler**schen Meßknecht gegenüber keinerlei Vorteile, kostete jedoch dreimal mehr und ist wohl nur in wenigen Exemplaren ausgeführt worden. Der Verfertiger **Spengler** selbst ist z. Z. in St. Gallen unbekannt.

Anmerkung 2. Ebenfalls nicht viel wert ist eine hierher gehörige französische Erfindung, **Gouliers Clisimeter** (Rev. 1887, Schw. Z. 1889, S. 71). Dieselbe zeigt ein kleines Kästchen von 11 und 13 cm Seitenlänge, in dem ein kurzes schweres Pendel über einer Prozent- oder Tangentenskala gleitet, sobald man durch Druck auf einem an der Außenseite

befindlichen Knopfe eine selbstthätige Arretiervorrichtung löst. Als Visiervorrichtung dient ein entsprechend angebrachtes Diopter mit Stift. Den Pendelausschlag kann man während des Visierens in einem Spiegel ablesen, der an der Innenseite des in Scharnieren drehbaren Deckels angebracht ist. Als besonders wertvolle Bereicherung unseres Instrumentenschatzes kann der Apparat schon wegen der Kürze von Visier- und Ablesevorrichtung nicht betrachtet werden.

b) Frei pendelnde Instrumente.

Wie bereits bemerkt sind alle Instrumente mit Fadenpendel sehr von der Luftbewegung abhängig. Um diesem Nachteile zu entgehen und dabei doch die Annehmlichkeiten, welche die Vertikalstellung mit Hilfe des Lotes bietet, nicht aufzugeben, hat man eine Reihe von Instrumenten so eingerichtet, daß sie frei herabhängend, sich mit ihrer Achse selbstthätig vertikal stellen. Sie müssen zu diesem Zwecke nur hinreichend leicht aufgehängt und selbst hinreichend schwer sein. Den Übergang zu diesen Instrumenten bildet der

1. Höhenmesser nach Matthes und Zugmeier.

Derselbe ersetzt das Fadenpendel durch eine einseitig beschwerte Metallscheibe, welche in einer Dose von etwa 16 cm um ihre centrale Achse sich drehen kann, und vermöge ihrer einseitigen Beschwerung stets eine bestimmte Stellung einzunehmen bestrebt ist. Auf der Peripherie derselben ist eine Grad- oder Prozentteilung angebracht, welche man gleichzeitig neben dem Ziele erblickt, sobald man durch die am Rande der Dose befindliche Okularöffnung visiert. Der Nullpunkt jener Teilung ist so gelegen, bezw. die Beschwerung der Messingscheibe so justiert, daß die Verbindungslinie zwischen ihm und dem Drehungsmittelpunkt der Scheibe stets horizontal ist, so lange sich die letztere frei drehen kann. Giebt man also der Visierachse an der Dose bei der Visur nach irgend einem Punkte eine andere Neigung gegen den Horizont, so wird man an jener Gradteilung nicht den Nullpunkt, sondern den dieser Neigung entsprechenden Grad ablesen.

Ein derartiges, nach Professor Jordan verbessertes Instrument, welches Winkelablesungen bis 85° gestattet, ist zum Preise von 42 Mk. z. B. von C. Sickler in Karlsruhe zu beziehen. Dieser Apparat ist aber etwas unbequem voluminös.

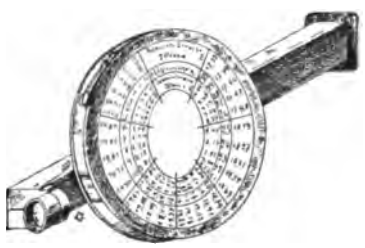


Fig. 80.
Höhenmesser nach Matthes und Zugmeier.

Neuerdings wird das Instrument in kompendiöser Form, mit nur 7 cm im Durchmesser haltender Dose, einem kleinen Visierrohr und einer daran befestigten Ableselupe (Fig. 80) hergestellt*).

*) Zeitschrift für Vermessungswesen 1887, Heft 1.

In dieſer Form iſt es ein ſehr bequemes Handnivellierinſtrument und kann auch für forſtliche Höhenmeſſungen von geringerer Genauigkeit empfohlen werden. Es hat aber den Nachteil, daß es unbedingt helles Licht verlangt, bei trübem Lichte ſind die Zahlen nur undeutlich ablesbar. Eine Annehmlichkeit für manche Arbeiten bietet die kleine Tabelle auf der Oberfläche der Doſe, welche für die Entfernungen von 20 m und die verſchiedenen Winkel α bis zu 30^0 die reduzierten Strecken $20 \cos \alpha$ und die Höhenunterſchiede $20 \sin \alpha$ angiebt.

Preis: 22 Mk. einſchl. Etui bei Spörhaſe in Gießen und anderwärts.

2. Baumhöhenmeſſer von Matthes.

Der von dem Großh. Sächſ. Oberförſter und Profeſſor an der Forſtlehranſtalt Eiſenach Matthes*) erfundene Höhenmeſſer will die Nachteile des Fadenpendels vermeiden, ohne aber damit auf die bequeme Horizontalſtellung des Pendelinſtruments überhaupt zu verzichten. Zu dieſem Zwecke wird das ganze Inſtrument frei pendelnd aufgehängt, ſo daß es von allein in die Vertikalſtellung tritt.

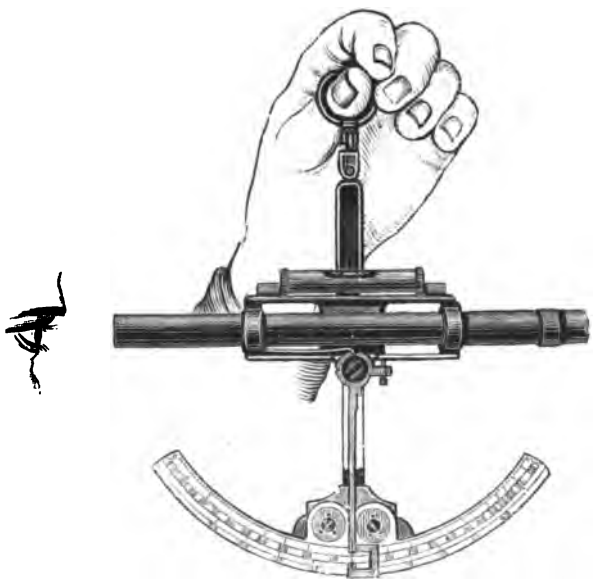


Fig. 81.
Baumhöhenmeſſer von Matthes.

An einem Ringe zum Aufhängen des ganzen Apparates hängt mittels Gelenk verbunden ein ziemlich ſchweres eiſernes Pendel von 20 cm Länge, das an ſeinem unteren Ende einen Kreisbogen trägt. Dieſer ungefähr einen Quadranten umfaſſende und in Prozente geteilte Kreisbogen iſt in zwei Stücke zerſchnitten, welche ſich beim Nichtgebrauche um- und an das Pendel anlegen laſſen. An der Stelle des Pendels, welche dem Mittelpunkte jenes Kreisbogens entſpricht, befindet ſich die Drehungsachſe eines 24 cm langen Viſierrohres, deſſen Neigung gegen die Horizontale vermittelſt eines ſenkrecht zu ihm an-

*) Zeitſchrift für Vermeſſungsweſen 1887, Heft 1.

gebrachten Zeigers an dem Kreisbogen abgelesen werden kann. Auch dieser Zeiger wird beim Transporte umgelegt und durch eine Feder in beiden Grenzlagen festgehalten. Seine senkrechte Stellung zur Visierachse wird durch ein Schräubchen justiert. Die Drehungsachse des Visierrohres wird mittels einer elastischen Klemmplatte aus Stahlblech und einer Schraube leicht gebremst oder (beim Abstecken von bestimmten Winkeln) fest arretiert. Selbstverständlich kann auf dem Gradbogen jede beliebige andere Teilung angebracht werden, doch kann man wegen des nur 11 cm betragenden Radius desselben höchstens Viertelprozente ablesen.

Gebrauch. Zur Benutzung ist zunächst Gradbogen und Zeiger in die aus Figur 81 ersichtliche Stellung aufzuklappen und die Klemmschraube soweit zu lüften, daß sich das Visierrohr ohne starke Reibung drehen läßt. Dann erfolgt, indem man das Instrument am Ringe frei in der Hand hält oder irgendwo aufhängt, die Visur unter entsprechender Drehung des Rohres und die Ablesung an der Kreisteilung.

Würdigung. Das Instrument wird wesentlich weniger vom Winde beeinflußt, als die anderen vorher besprochenen Pendelinstrumente. Die Länge des Visierrohres erlaubt ein schärferes Visieren. Für den Transport läßt es sich bequem zusammenlegen, ohne in einzelne Teile getrennt zu werden, so daß die Möglichkeit des Verlierens eines Teiles ausgeschlossen ist. Es ist solid gebaut, hat aber den Nachteil eines etwas hohen Gewichtes. Zum Nivellieren (eventuell unter Benutzung einer Aufsatzlibelle) sowie zum Abstecken von Gefällprozenten bei Wegebauten ist es ebenfalls recht brauchbar.

Verfertiger: Hofmechaniker R. Eckstein in Eisenach. Preis 20 Mk. mit einfacher Gradteilung. Mit Grad- und Prozentteilung, sowie Teilung zur Ablesung der Differenzen zwischen schiefer und horizontaler Linie 26 Mk.

3. Höhenmesser von Bose.

Oberforstdirektor H. Bose*) in Darmstadt benutzt bei seinem ursprünglich nur zum Nivellieren bestimmten Instrumente ebenfalls die eigene Schwere desselben zur Vertikalstellung. Dasselbe besteht bei den einfacheren Ausführungen aus einem rechteckigen Brettchen, bei den besseren aus einem Messingrähmchen von etwa 15 zu 10 cm Seitenlänge, das an einem Ringe aufgehängt werden kann und so äquilibriert ist, daß hierbei seine langen Seiten stets senkrecht stehen. Nach Bedürfnis läßt sich die Stabilität des aufgehangenen Instrumentes durch ein angehängtes Gewicht erhöhen. An der einen Längsseite ist eine Skala angebracht, längs welcher sich eine mit einem Nonius versehene Visier-

*) H. Bose, Beschreibung zweier Instrumente zum Nivellieren und Messen der Baumhöhen. Darmstadt 1863 und Mon. f. F. u. J. 1878, 181.

einrichtung verschieben läßt. Auf der anderen Längsseite findet sich, in derselben Höhe mit dem Nullpunkte jener eine gleiche, aus Okularloch und einer Spitze bestehende, aber fixe Visiervorrichtung, sodaß man vor- und rückwärts visieren kann. Die Entfernung beider voneinander ist gleich 100 Teilen jener Skala, die sich somit als Prozentteilung charakterisiert und mit Hilfe des Nonius Ablesungen bis zu 0,1 % gestattet.

Für die Fälle, daß bei sehr steilen Höhenvisuren die Skala nicht ausreicht, ist oberhalb des festen Absehens, in der Entfernung von 50 Skaleneinheiten ein weiterer Visierstift angebracht, bei dessen Benutzung dann zur Ablesung 50 Teile hinzu zu addieren wären.

Beim Gebrauche hängt man das Instrument am besten an einem Stabe mittels eines Bohrers oder Nagels auf, oder hält es auch in freier Hand, und bewirkt die Visuren, indem man das verschiebbare Absehen entsprechend einstellt. Man kann hierbei die beiden Absehen beliebig als Okular benutzen, es ist aber vorzuziehen, zu diesem Zwecke das verschiebbare zu wählen, weil infolge der Einrichtung des Instrumentes auf diese Weise Steigungen bis zu 130 %, im anderen Falle nur bis zu 50 % abgelesen werden können. Die abgelesenen Prozente geben mit der Länge der Standlinie vervielfacht, die Höhe des anvisierten Objektes über der Horizontalen. Steht der Nonius gerade auf Null, so ist die Visierlinie horizontal und der Apparat kann zum Nivellieren benutzt werden.

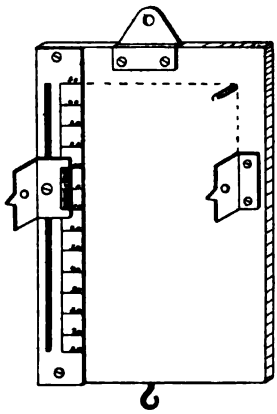


Fig. 82.
Höhenmesser von Bose.

Würdigung. Das Instrument hat sich wegen seiner Einfachheit und des billigen Preises viele Freunde erworben. Indessen steht es, wenigstens in der einfacheren Ausführung, infolge der wenig scharfen Visiereinrichtung an Genauigkeit anderen Instrumenten nach. Die Ausführung in Messing arbeitet präziser, ist aber ziemlich schwer und teuer und nicht in einer Rocktasche unterzubringen. Einige Verbesserungen brachte der Erbprinz von Ysenburg und Büdingen an (A. F. u. J. 1895, 371), indem er die Aufhängevorrichtung verfeinerte, an dem Instrumente ein Justiergewicht und am Aufhängestab eine Dosenlibelle anbrachte.

Verfertiger. Mechaniker Weingarten in Darmstadt. Preis in einfacher Ausführung in Holz 6 Mk.; Wilh. Spörhase in Gießen in feinster Ausführung mit Zielscheibe und Stativ 50 Mk. F. W. Breithaupt u. Sohn in Kassel in der Ysenburgschen Modifikation.

4. Der Mayersche Patent-Gefäll- und Höhenmesser.

Dieser von dem Obergeometer Mayer in Karlsruhe herrührende Höhenmesser*) stellt einen Vertikalkreis von 6,5 cm Durchmesser dar, der an einem Gelenke hängend, durch ein anzuschraubendes schweres Messinggewicht eine sichere Vertikalstellung bekommt. Die Mitte dieses Kreises ist durchbohrt und in dieser Durchbohrung dreht sich eine Achse, an deren einem Ende eine zweite runde Messingscheibe, also konzentrisch mit jener ersten sitzt, während mit dem anderen ein kurzes, 10 cm langes Fernrohr fest verbunden ist, so daß man die Neigung der Fernrohrachse an der gegenseitigen Stellung beider Scheiben, die mit entsprechender Teilung versehen sind, erkennen kann.

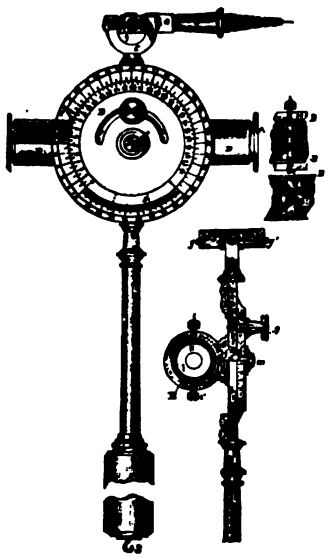


Fig. 83.
Mayers Patent-Gefäll- und Höhenmesser.

Das kleine astronomische Fernrohr enthält zwei Fadenkreuze und ist so eingerichtet, daß man beide Enden beliebig als Okular oder Objektiv benutzen kann, was den Gebrauch des Instrumentes außerordentlich bequem macht. Die Teilung des Limbuskreises ist für einen Quadranten in Graden der 100teiligen Skala, für die drei anderen Quadranten in Gefällprozenten in der Weise durchgeführt, daß das betreffende Prozent eingestellt ist, sobald die mit seiner Ziffer bezeichneten Indexstriche des äußeren und des inneren Kreises zusammen fallen. Die beigefügte Illustration wird das Gesagte verdeutlichen. Für den Transport wird das Gewicht abgeschraubt und das Ganze in einem Kästchen von 11 : 8 : 5 cm Dimensionen untergebracht. Zum Gebrauche hat man zunächst die Pendelstange und das Pendel fest anzuschrauben. Dann kann man, das Instrument frei in der Hand oder mittels Baumschraube aufgehängt haltend, die Visuren vornehmen, wobei die beiden Linsen der Sehweite entsprechend einzustellen sind.

Der Mayersche Patentgefällmesser stellt entschieden eine sehr brauchbare Form der Pendelinstrumente dar und erlaubt dabei wegen der Benutzung eines Fernrohres feinere Einstellungen. Indessen geht dieser Gewinn zum Teil durch die nicht so feine Ablesung infolge des ziemlich kleinen

*) B. Mayer, Beschreibung und Gebrauchsanweisung des Patent-Gefällmessers. Karlsruhe, Braun, 1855.

Radius des Kreisbogens wieder verloren. Auch macht sich bei schwachem Lichte die geringe Lichtstärke und das kleine Gesichtsfeld des Fernrohres recht störend bemerkbar. Außerdem muß, wenn mehrere Beobachter abwechselnd arbeiten, die Einstellung des Fernrohres fortwährend geändert werden, weswegen es gerade für solche Gelegenheiten, z. B. für akademische Übungen nicht empfohlen werden kann. Die Verwendbarkeit zu anderen verwandten Zwecken ist eine ebenso vielseitige wie bei den vorbeschriebenen Instrumenten.

Bezugsquelle. Preis mit Etui 45 Mk. L. Tesdorpf in Stuttgart, aber auch C. Sickler, Karlsruhe, u. a.

c) Höhen- und Gefällmesser mit Libelleneinstellung.

Eine besondere Gruppe für sich bilden diejenigen Gefällmesser, bei welchen ein Basislineal mittels Libelle auf einem Stative horizontal gestellt und an einer darauf senkrecht stehenden Vertikalskala der Höhen- oder Tiefenwinkel abgelesen werden kann. Da das Basislineal ziemlich lang sein kann, so sind die Ablesungen dementsprechend genau, bis 0,1°.

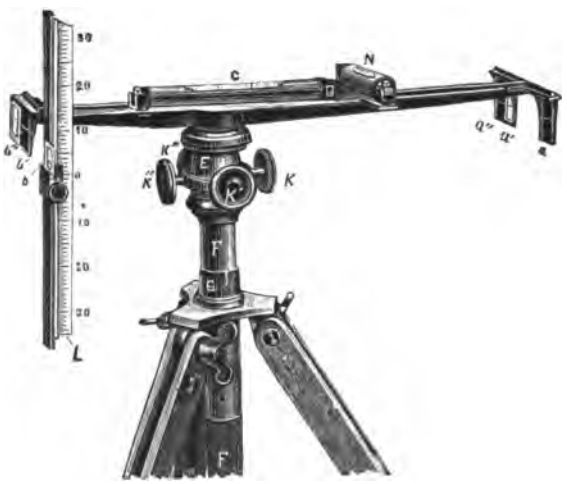


Fig. 84.
Der Bohnsche Gefällmesser.

Hierher gehört beispielsweise: Der Prozentgefällmesser nach Bohn (Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1889, S. 216.)

Preis 100 Mk. bei L. Tesdorpf, Stuttgart.

Der Prozentgefällmesser nach Fennel, von W. Spörhase, Gießen.

Preis 75 Mk.

Staudingers Prozentgefällmesser. (A. F. u. J.-Z. 1865, 9 und Bohn, Landmessung S. 508) bei W. Spörhase, Gießen.

Preis 67 Mk.

Alle diese und ähnliche Instrumente sind aber in erster Linie als Nivellierinstrumente und Gefällmesser und zwar für den Stativgebrauch eingerichtet und für Höhenmessungen wegen der meist kurzen Höhenskala nur beschränkt verwendbar, im übrigen auch wegen ihrer Schwerfälligkeit oder Unhandlichkeit hierfür nicht zu empfehlen. Eine Vorstellung von diesen Apparaten möge Fig. 84

geben, welche das Bohnsche Instrument darstellt. Auf eine besondere Beschreibung desselben kann verzichtet werden, da die Konstruktion und Anwendung aus der Zeichnung sich leicht ergiebt.

d) Katoptrische Höhenmesser.

Im Gegensatze zu allen vorherbesprochenen Instrumenten, welche ausschließlich auf Dioptrie beruhen, lassen sich einige weitere in eine besondere Gruppe vereinigen, welche von den Gesetzen der Katoptrie Gebrauch machen. Dieselben benutzen die Spiegelung entweder zur Horizontierung allein oder auch zur Gewinnung und Ablesung des Visierwinkels. Als ältestes und rein katoptrisches Instrument sei zuerst angeführt:

1. Der Höhenspiegel von Pfister.

Der Pfistersche Höhenspiegel*) verwendet das Prinzip des Hadleyschen Spiegelsextanten. In einem Kästchen (Fig. 85) ist ein Planspiegel S_1 etwas geneigt gegen die durchbrochene Rückwand so angebracht, daß man durch eine an der Vorderwand befindliche Okularöffnung O neben ihm vorbei nach einem Punkte D (welcher mit O auf gleicher Horizontale liegen muß) visieren kann. Dicht über dieser Visierlinie OD befindet sich ein zweiter um die Drehungsachse a beweglicher Spiegel S_2. Die Achse a geht durch eine Seitenwand des Kästchens hindurch und trägt außen einen Zeiger, welcher mit dem Spiegel S_2 korrespondierend den Stand des letzteren an einer Kreisteilung erkennen läßt. Sind beide Spiegel parallel, so wird ein in O befindliches Auge bei horizontaler Lage des Apparates den Punkt D direkt sehen, außerdem aber auch im fixen Spiegel S_1 unmittelbar daneben bei b den Punkt D′ erblicken, dessen Bild von a nach b und von b nach O reflektiert wird. Da die Lage von D und D′ nur um die Höhenverschiebung beider Spiegel (etwa

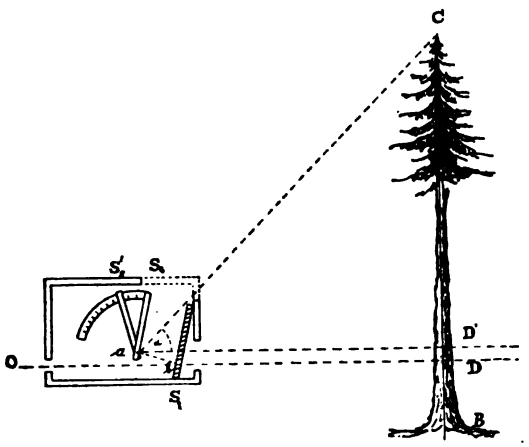


Fig. 85.
Pfisters Höhenspiegel.

*) Näheres siehe Langenbacher, Z. f. d. g. F. 1879, 596.

1 cm) verschieden ist, so können beide in der Praxis als zusammenfallend betrachtet werden.

Fällt nun durch einen weiteren Ausschnitt im Deckel des Kästchens ein Lichtstrahl von einem höher gelegenen Punkte C auf den Spiegel S_2, so wird er von O aus nur dann in b erblickt werden können, wenn man den beweglichen Spiegel S_2 in eine entsprechend andere Lage S_2' bringt. Es wird hierbei der Drehungswinkel $S_2' a S_2$ immer die Hälfte des Neigungswinkels $\alpha = CaD'$ sein, wie leicht ersichtlich. Da aber für eine bestimmte Entfernung aD' jedem einzelnen Neigungswinkel eine bestimmte Höhe entspricht, so kann man die Skala des Spiegelzeigers statt mit den Winkelbeträgen, gleich mit den zugehörigen Höhen D'C, oder was praktisch gleichbedeutend ist, mit DC beziffern, was den Gebrauch sehr vereinfacht. Bei dem Pfisterschen Instrument waren 20 m Normaldistanz angenommen, für jede andere Entfernung E hat man dann die Ablesung mit $\frac{E}{20}$ zu reduzieren.

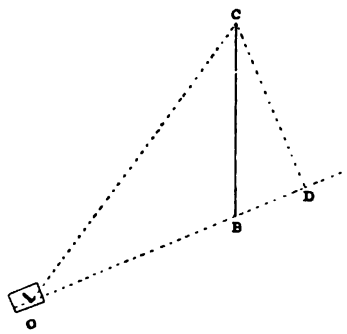


Fig. 86.

Gebrauch. Man stellt sich in etwa 20 m Entfernung so auf, daß die durch den Augenpunkt O gelegte Horizontale den Baumstamm in vom Boden meßbarer Höhe trifft, hält den Apparat, eventuell unter Benutzung eines Stativs, horizontal, visiert durch Ob nach D und dreht hierbei den Spiegel S_2 so lange, bis man die Spitze C des Baumes unmittelbar neben D im Spiegel erblickt. Zu der abgelesenen und um $\frac{E}{20}$ reduzierten Länge hat man dann noch das Stück DB zu addieren.

Kritik. Das scheinbar so einfache Instrument hat Mängel, die ihm den Weg in die Praxis verschlossen haben. Zunächst verlangt die Messung so kleiner Spiegel-Winkelbewegungen an einem kurzen Zeiger eine solche Präzision der Arbeit, wie sie sich für einen billigen Preis nicht herstellen läßt. Sodann wird wegen der zweimaligen Reflexion der Lichtstrahlen bei schwachem Lichte, im Waldesdunkel, die Arbeit oft unmöglich werden. Außerdem aber kann leicht der Fall eintreten, daß man im Spiegel den Gipfel eines falschen Baumes anvisiert. Und dazu krankt das Instrument an einem wesentlichen Fehler, am Mangel einer geeigneten Horizontierung. Hält man aber beim Beobachten den Apparat nicht horizontal, so giebt er fehlerhafte Angaben, da er stets eine Linie mißt, welche in einer Entfernung von 20 m senkrecht auf der Visierlinie OD steht, also z. B. in Fig. 86 die Linie CD und nicht die

gesuchte CB. Wollte man, um das Instrument in dieser Richtung zu verbessern, etwa eine Libelle anwenden, so müßte man ein Stativ anwenden oder andere Komplikationen in den Kauf nehmen. Es liegt aber hierzu angesichts der sonstigen Mängel des Instrumentes wenig Veranlassung vor.

2. Das Spiegeldiopter von Abney.

Das verbesserte Spiegeldiopter*) (Fig. 87) besteht aus einem Visierrohre mit Fadenkreuz g und ausziehbarem Okularrohr, das an einem anschraubbaren Handgriffe f gehalten wird. Mit diesem Rohre ist in der aus der Abbildung

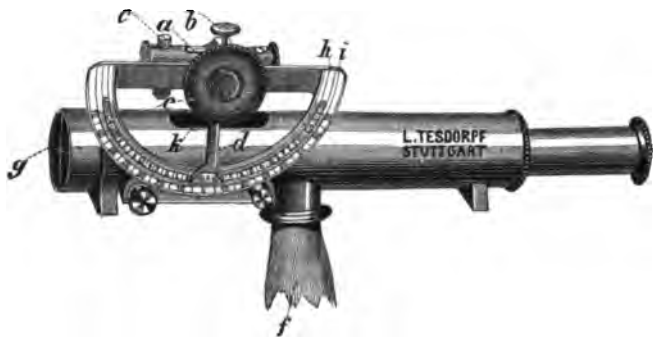


Fig. 87.
Abneys Spiegeldiopter.

ersichtlichen Weise ein Gradbogen hi fest verbunden, in dessen Mittelpunkt sich ein Zeiger d mit Hilfe eines Schraubenkopfes e drehen läßt. Mit diesem Zeiger aber dreht sich gleichzeitig eine an seiner Drehachse befestigte kleine Libelle c, deren Metallhülse auch unten ausgeschnitten ist. Ebenso zeigt das Visierrohr unter dieser Libelle gleichfalls einen Ausschnitt k. Auf diese Weise ist es möglich, daß die Blase a der Libelle von dem Okulare aus in einem (in der Zeichnung nicht sichtbaren) Spiegel gesehen werden kann, welcher gerade unter dem erwähnten Ausschnitte k mit 45° Neigung im Rohre angebracht ist. Da derselbe nur knapp die Hälfte des Rohrquerschnittes ausfüllt, stört er die Visur vom Okulare nach dem Fadenkreuze in keiner Weise. Man wird also bei einem Blicke durch das beliebig geneigte Rohr die Blase der Libelle im Spiegel dicht neben dem Fadenkreuze in dem Augenblicke erblicken,

*) Beschreibung von Prof. Dr. Bohn, Landmessung 1886, S. 537. Prof. Dr. Jordan, Zeitschrift für Vermessungswesen, 1887. I. S. 9.

in welchem die Libellenachse durch Drehen an der Schraube e horizontal gestellt wird. Den Winkel, welchen dann Visierlinie und Libellenachse miteinander bilden, und welcher gleich ist der Neigung der ersteren gegen den Horizont, kann man dann an der Stellung des Zeigers an dem Kreisbogen ablesen. Bei den meisten Instrumenten ist neben dem Winkel gleichzeitig auch dessen Tangente am Teilkreise angegeben.

Die Anwendung ergiebt sich hieraus sehr einfach. Man visiert nach dem gesuchten Höhenpunkt, das Instrument frei in der Hand haltend, und dreht dabei die Libelle so lange, bis man ihre Blase neben dem Fadenkreuze erblickt. In dieser Stellung nimmt man das Instrument vom Auge und liest den Elevationswinkel in Graden oder Prozenten ab, aus dem sich unter Berücksichtigung der noch zu messenden Standlinienlänge die gesuchte Höhe berechnen läßt. Liegt der Fußpunkt des Baumes höher oder tiefer als das Auge des Beobachters, so ist eine weitere Visur nach demselben vorzunehmen, und die zweite Ablesung in bekannter Weise zu subtrahieren bezw. zu addieren.

Würdigung. Das sehr handliche Instrument (300 gr Gewicht) hat den großen Vorzug aller Libelleninstrumente, unabhängig von Luftbewegungen zu sein, die beim Gebrauche von Pendelinstrumenten recht häufig stören. Es läßt dabei die vielseitigste Verwendung zum Nivellieren, Abstecken von Gefällen und Böschungswinkeln, Querprofilaufnahmen, in einer besonderen Ausführung auch Aufnahmen von Horizontalwinkeln und Ähnliches zu. Es darf daher bestens empfohlen werden, wie es denn auch namentlich in England weit verbreitet ist.

Verfertiger. Mechanisches Institut L. Tesdorpf, Stuttgart, Forststraße 71. Preis: in der vorbeschriebenen Ausführung mit Etui 43,50 Mk.; mit Fernrohr an Stelle des Diopterrohres (nach Jordan) 75 Mk.; mit kleinem Horizontalkreis, aber nur Diopterrohr (nach Dorrer) einschl. leichtem Stative 86 Mk. Doppelte Teilung in Prozente und Grade erhöht den Preis um 5 Mk.

3. Der Röthersche Neigungsmesser von Ertel und Sohn.

Dies Instrument zeigt folgende Einrichtung. An einem etwa 22 cm langen Messinglineal (Fig. 88) ist in der Nähe des einen Endes eine Libelle senkrecht zur Längsachse desselben befestigt. Über derselben ist ein kleiner Spiegel mit einer Neigung zur letzteren von 45° fest angebracht und unter ihr am anderen Ende des Lineals eine abnehmbare Skala, parallel zur Libellenachse. Im Spiegelbelag ist eine horizontale Marke eingerissen, welche als schwarze Linie erscheint und in der Verlängerung derselben ist der Belag in einem schmalen strichförmigen Streifen ganz entfernt, so daß man durch diesen Schlitz hindurchsehen kann. Blickt man nun in den Spiegel, mit der Marke auf einen Gegenstand C (Fig. 89) visierend, so wird man gleichzeitig Objekt, Libelle, Teilung und (scheinbar auf letzterer) die Marke beobachten. Durch

entsprechendes Neigen kann man bewirken, daß hierbei zugleich die Libellenblase einspielt, dann wird auch die Teilung horizontal liegen.

Stellen in der untenstehenden Figur 89 die starken Linien schematisch das so horizontierte Instrument und die Linie AcD den Horizont vor, so würde ein in A befindliches Auge durch den Schlitz c den Punkt D, und im Spiegel die Marke c auf dem Nullpunkte der Teilung bei G erblicken. Wollte es nun nach C visieren, um den Elevationswinkel $CcD = \alpha$ zu ermitteln, so müßte es sich nach A′ begeben. Es würde dann die Marke c bei F auf der Teilung bemerken und es wäre dann, wie ohne weiteres einleuchtet,

$$\sphericalangle CcD = \sphericalangle AcA' = \sphericalangle FcG.$$

Giebt man also dem Maßstab FG als Teilungs-Einheit $\frac{1}{100}$ der Entfernung cG, so erhält man eine Prozentteilung, mit deren Hilfe man bei bekannter Standlinie wie gewöhnlich CD berechnet.

Fig. 88.
Röthersche Neigungsmesser.

Würdigung. Das Instrument stellt entschieden einen brauchbaren Höhenmesser dar. Es kann aus freier Hand und am einfachen Stockstative, im Notfalle auch an einen Baum geschraubt, verwendet werden und gestattet Ablesungen bis zu 0,1 Grad. Die günstige Lage der Skala, mit der Fläche nach oben, dem Lichte zugewendet, erlaubt selbst bei trübem Lichte noch Ablesungen. Tadeln möchte ich an der gegenwärtigen Ausführung des Instrumentes die Kürze der Teilung, welche nur bis zu 50% reicht; im Walde muß man aber mindestens eine solche bis zu 100% zur Verfügung haben, auch könnte vielleicht die Verpackung, (das Teilungslineal ist abnehmbar) noch etwas bequemer, als wie in einem relativ umfangreichen Holzkästchen eingerichtet werden.

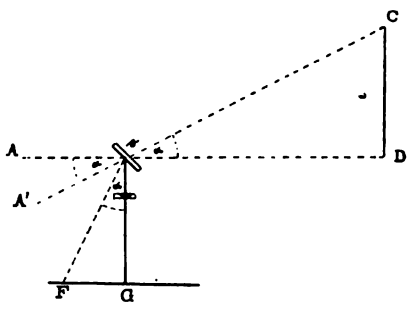


Fig. 89.

Bezugsquelle. Ertel und Sohn, München, Louisenstraße 27. Preis 22 Mark. Stock dazu 3 Mk.

c. Instrumente nach dem Prinzipe des Theodoliten.

Der Vollständigkeit wegen erübrigt es noch, auf diejenigen Höhenmesser hinzuweisen, welche im Prinzipe einem Theodoliten mit Höhenkreis entsprechen, in der Ausführung aber speciell forstlichen Zwecken angepaßt sind. Diesen Fernrohrinstrumenten kommt wegen ihres hohen Preises und der Umständlichkeit ihrer Anwendung nur ein beschränkter Wirkungskreis, für besonders präcis gewünschte Höhenbestimmungen, zu, abgesehen von ihrer Verwendbarkeit zu anderen geodätischen Arbeiten.

Es gehört hierher in erster Linie der

1. Feld- und Waldtachymeter von Deubel-Tesdorpf mit einem Höhenbogen von 12 cm Radius und Einrichtung zum Distanzmessen. Auf die nähere Beschreibung muß Verzicht geleistet werden. Preis bei L. Tesdorpf in Stuttgart 178 Mk. mit allem Zubehör. Eine einfachere Ausstattung kostet 98 Mk. mit Fernrohr und 60 Mk. mit bloßem Diopterrohr. Eine aufsetzbare Bousssole mehr 17 oder 53 Mk.
2. Das forstliche Universalinstrument von Breymann, ebenfalls ein vielseitig brauchbarer kleiner Theodolit. Specielle Beschreibung: Breymann, Anleitung zur Aufnahme der Holzmassen Wien 1857, auch A. F. u. J. Z. 1868, 201 sowie Kunze, Holzmeßkunst, Berlin 1873. Preis 300 Kr. bei Starke und Kammerer in Wien, Carlsgasse 11.

C. Allgemeine Betrachtungen zum Gebrauche der Höhenmesser.

Wenn auch die Ansprüche an Genauigkeit der Resultate bei forstlichen Höhenmessungen je nach dem Zwecke verschieden sind und unter Umständen, z. B. für die Anwendung von Formzahltafeln, selbst gröbere Fehler von $^1/_2$ oder auch 1 m ohne Belang sein können, so wird man dennoch in allen Fällen möglichst sichere und zutreffende Ergebnisse erstreben. Es seien deswegen im folgenden noch einmal die Umstände in Kürze zusammengefaßt, von deren sorgsamer Beobachtung die Sicherheit des Resultates abhängt.

1. Wahl des Beobachtungsortes. Es ist eine ganz selbstverständliche Forderung, daß von dem Beobachtungsorte die zu messenden Punkte — in den meisten Fällen wird es sich um Gipfel und Fußpunkt handeln — deutlich und scharf zu sehen sind. Bei Bäumen mit runder Krone (Laubholz) läuft man leicht Gefahr, mit der Visur nicht den Gipfel zu treffen, sondern einen entgegenstehenden Seitenzweig zu tangieren und so auf diese Weise ein zu hohes Resultat zu erhalten. Aus diesem Grunde ist es im geneigten Terrain

immer vorzuziehen, sich *oberhalb* des Stammes und im allgemeinen sich *lieber etwas weiter*, als zu nah aufzustellen. Allerdings hat das sehr bald seine Grenzen, und der allgemeine Grundsatz der praktischen Geometrie, daß die Bestimmung des Schnittpunktes zweier Linien um so genauer wird, je mehr sich ihre gegenseitige Neigung dem rechten Winkel nähert, erleidet bei der Baumhöhenmessung eine Einschränkung derart, *daß das Resultat um so richtiger zu werden pflegt, je mehr sich die Länge der Standlinie der Höhe des Baumes nähert*. Denn infolge der Einfachheit der gewöhnlich angewendeten Instrumente, ihrer meist unsicheren, schwankenden Aufstellung und der in der Regel geringen Feinheit der Visiervorrichtungen müssen mit zunehmender Entfernung die eintretenden Visierfehler die größere Genauigkeit in der Bestimmung des Schnittpunktes sehr bald wieder aufheben. Rein theoretisch betrachtet findet sich der günstigste Aufstellungspunkt in einer Entfernung, welche der gesuchten Höhe gleich ist. Der etwas umständliche Beweis findet sich z. B. in *Kunzes* Holzmeßkunst, S. 91. Viele Instrumente lassen aber, wenn man nicht durch Einstellung auf z. B. die halbe Entfernung eine gröbere Ablesung mit in den Kauf nehmen will (siehe Nr. 3), eine Aufstellung in einer die Baumhöhe wesentlich übersteigenden Entfernung vermöge ihrer Konstruktion gar nicht zu, ganz abgesehen von den Schwierigkeiten, welche ein geschlossener Bestand einer willkürlichen Aufstellung an sich entgegensetzt. Es verdienen daher von diesem Gesichtspunkte aus entschieden nur die Instrumente den Vorzug, welche, natürlich innerhalb der gegebenen Grenzen, die Wahl einer beliebig langen Standlinie zulassen, während andere, welche die Aufstellung in einer einzigen Entfernung vorschreiben wie Dreieck, Nasenkreuz, *Rueprecht* unzweckmäßig erscheinen.

Liegt der Fall vor, daß ein Baum bemerkenswert schräg zur Erdoberfläche gewachsen ist, so stelle man sich *senkrecht zur Neigungsebene* desselben so auf, daß man die Neigung voll übersehen kann und zwar weniger deswegen, um aus der gemessenen Vertikalerhebung der Spitze und dem Neigungswinkel des Baumes die wirkliche Länge zu bestimmen, als vielmehr deshalb, um bei Abmessung der Standlinie keine groben Fehler zu begehen. Nur beträchtlich schief stehende Bäume machen in der Praxis die Berücksichtigung des Neigungswinkels bei Höhenbestimmungen erforderlich.

Für Durchmesserermittelungen ist es dagegen zweckmäßiger, näher an den Baum heranzutreten, weil bei den in Frage kommenden, relativ geringen Dimensionen der Durchmesser schon kleine Visierfehler erhebliche Fehler des Resultates hervorrufen.

2. *Messung der Standlinie*. Ebenso wichtig ist die sorgfältige Messung der Standlinie. Fehler bei deren Bestimmung treten bei allen Instrumenten, welche diese Höhe durch Multiplikation der Standlinie mit der Tangente u. s. w. berechnen, in der gesuchten Höhe mit ihrem vollen Betrage auf,

während allerdings bei denjenigen Instrumenten, welche die Höhe direkt und zwar in der Regel nur in Halben- oder Viertelmetern abzulesen gestatten, einzelne Centimeter der Standlinie verschwinden.

Bei einzelnen Instrumenten, wie z. B. von Klaußner, Sanlaville u. a. wird nicht die horizontale Standlinie gemessen, sondern die schräge Entfernung des Instrumentes vom Fußpunkte. Im ebenen Terrain, bezw. solange der Beobachter nicht viel höher als letzterer sich befindet, ist jedoch der Unterschied in der Länge beider Linien praktisch belanglos, so daß man lieber die (wenigstens bei größeren Entfernungen) bequemer zu messende Horizontale ermitteln wird. Wie eine einfache Rechnung ergiebt, ist z. B. bei einer Erhebung des Augenpunktes über den Fußpunkt von 2 m der Unterschied nicht größer als etwa 10 cm bei 20 m, 7 cm bei 30 m und 5 cm bei 40 m Entfernung. Eine Reihe von Instrumenten wie z. B. das Matthessche, das Rötherſche und das von Matthes und Zugmeier sind zur direkten Umwandlung schiefer Standlinien in horizontale oder umgekehrt ausgerüstet, so daß man bei diesen die bequemer zu messende Linie sich beliebig auswählen kann.

3. Aufstellung und Gebrauch des Instrumentes. Wesentlich ist die sorgfältige Horizontal- bezw. Vertikalstellung des Instrumentes. Es müssen daher alle mit einem Stativ versehenen Instrumente bessere Ergebnisse liefern, als die, welche ohne ein solches arbeiten oder es vielleicht gar nicht einmal anzuwenden gestatten. Bei genauen Arbeiten kann man also ein solches nicht entbehren; da aber dessen Aufstellung für die meisten anderen Fälle viel zu viel Zeit in Anspruch nimmt, und die einfacheren Stockstative dazu auch nicht einmal immer eine ganz solide Aufstellung gewährleisten, so wird die Praxis immer die freihändig zu gebrauchenden Instrumente vorziehen, von denen die mit schwerem Pendel in freier Hand zudem fast ebenso genau und dabei viel rascher arbeiten, wie am Stative. Ein sehr zu statten kommender Notbehelf ist es hierbei, zur Stütze und Beruhigung der haltenden Hand einen langen Stab zu verwenden.

Die Genauigkeit des Resultates wird dann weiterhin, vorausgesetzt, daß das Instrument richtig justiert ist, von der Schärfe der Visierung abhängen. Diese ergiebt sich aber, soweit die Beschaffenheit des Instrumentes allein in Frage kommt, aus der Feinheit der Visiervorrichtung und aus der Länge der Visierlinie zwischen den beiden Absehen.

Allzuweit kann man, so lange man kein Fernrohr verwendet, die Feinheit der Visierabsehen nicht treiben, weil sie sonst bei ungünstigem Lichte, im Waldesschatten leicht vor dem Auge verschwinden oder wenigstens undeutlich werden; doch sollte ein gutes Instrument die Visur über einen Stift oder eine Kante vermeiden und Diopter mit Fadenkreuz anwenden. Einen größeren Einfluß besitzt der Konstrukteur auf die Länge der Visierlinie, d. h. den Abstand der beiden Absehen. Alle Instrumente, bei denen dieser nur sehr kurz

ist, wie z. B. beim Winklerschen Meßbrett mit nur 10 cm, müssen in ihren Leistungen hinter anderen zurückstehen.

Ganz dasselbe gilt bezüglich der Ablesevorrichtung. Auch hier muß man bestrebt sein, der Basislinie am Instrumente eine möglichst große Ausdehnung zu geben, damit der Einfluß der Schwankungen des Pendels, Dicke des Pendelfadens, gröberen Einteilung u. s. w. thunlichst vermindert wird. Ein wertvoller Ausweg ist es hierbei, die Distanzskala auf die doppelte oder dreifache Länge der gemessenen Standlinie einzustellen und dann natürlich das Resultat zu halbieren oder zu dritteln. Der mögliche Fehler wird hierdurch auf die Hälfte bezw. ein Drittel herabgemindert. Leider aber hat dies Verfahren an der gegebenen Länge der Distanzskalen bald seine Grenzen.

Hat man richtig eingestellt und richtig abgelesen, so bergen die trigonometrischen Apparate eine weitere Fehlerquelle darin, daß sie nur die Grade oder Prozente bezw. Tangenten der Neigungswinkel angeben, aus welchen man erst mit Hilfe einer weiteren Rechnung unter Berücksichtigung der Standlinie die gesuchte Höhe erhält. Selbst bei Benutzung geeigneter Hilfstabellen sind Irrtümer hierbei nicht ausgeschlossen, wozu dann noch der Übelstand des größeren Zeitaufwandes hinzukommt. Es verdienen daher die Gruppen von Instrumenten den Vorzug, welche die Höhe selbst direkt abzulesen gestatten. Am raschesten und dabei vielleicht auch am sichersten muß von allen das Instrument arbeiten, welches wie z. B. das von Christen, Klaußner die Gesamthöhe auf einmal angiebt und nicht erst aus Ober- und Unterhöhe zusammenzusetzen nötig macht.

Legt man besonderen Wert auf die Schnelligkeit der Arbeit, so stehen die Höhenmesser oben an, welche das Messen der Standlinie ersparen, denn das ist der am meisten aufhaltende Teil der Arbeit. Läßt sich ein solcher gleichzeitig aus freier Hand gebrauchen, wie z. B. der von Christen, so ist ein schnelleres Arbeiten überhaupt nicht denkbar.

Große Annehmlichkeiten für gewisse Zwecke, namentlich für die nachher noch zu besprechende Durchmesserermittelung, bieten diejenigen Instrumente, welche sich leicht auf eine bestimmte Höhe h′ einstellen lassen. Von diesem Gesichtspunkte sind die geometrischen Instrumente den trigonometrischen ebenfalls vorzuziehen, weil man bei letzteren den Elevationswinkel α des gegebenen Höhenpunktes erst mittels der Formel

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{h' - m}{e}$$

berechnen muß, worin e die horizontale, durch die Instrumentenachse gehende Standlinie und m die Entfernung derselben vom Fußpunkte des Baumes darstellt. Ebenso wichtig für den genannten Zweck ist auch die Eigenschaft eines Instrumentes, die schiefe Entfernung vom Instrumente zu dem anvisierten

Höhenpunkte direkt anzugeben, was nur bei wenigen, den mit Metallpendel und den nach dem Hoßfeldschen Gedanken konstruierten Apparaten (siehe z. B. Seite 132, 134, 182) der Fall ist.

Die Bedingungen für einen idealen Anforderungen entsprechenden forstlichen Höhenmesser sind daher sehr zahlreich. Es sind im wesentlichen die folgenden:

1. Beliebige Wahl des Aufstellungsortes.
2. Anwendbarkeit nach Belieben am Stative oder aus freier Hand.
3. Nicht zu geringe Dimensionen der Visier- und Ableseeinrichtung.
4. Direkte Angabe der Höhe und möglichst der ganzen Höhe auf einmal.
5. Unabhängigkeit von bewegter Luft.
6. Bequeme Einstellbarkeit auf gegebene Höhen und Messung schiefer Entfernungen.
7. Ersparung der Distanzmessung.
8. Ersparung eines Meßgehilfen.
9. Verwendbarkeit zu anderen einfachen geodätischen Arbeiten.
10. Einfachheit der Konstruktion, bequemes Handhaben und Transportieren.
11. Mäßiger Preis.*)

Es wäre aber ein vergebliches Bemühen, ein wirklich universelles, für alle Zwecke brauchbares Instrument konstruieren zu wollen. Denn es wird je nach dem besonderen Zwecke, welchen wir mit unseren Messungen verfolgen, bald die eine, bald die andere dieser Bedingungen in den Vordergrund treten. Für wissenschaftliche Zwecke kommt es in erster Linie auf Genauigkeit an, größerer Arbeitsaufwand beim Transporte und bei der Beobachtung, bis zu gewissem Grade auch der Preis muß dem gegenüber in den Hintergrund treten. Und da es sich hierbei oft auch zugleich um Durchmesserermittelungen handeln wird, so können für diese Zwecke eigentlich nur Stativapparate mit Fernrohr in Frage kommen. Die forstliche Praxis dagegen verlangt ein Instrument, welches bei leidlicher Genauigkeit vor allen Dingen rasch arbeitet, bequem mitgeführt und für einen billigen Preis hergestellt werden kann. Wertvoll wäre also für diese Zwecke in erster Linie der Freihandgebrauch und eventuell das Wegfallen der Distanzmessung.

Prüfen wir daraufhin die vorhandenen Instrumente nach ihrem Werte, so ist trotz dieser scharf umschriebenen Bedingungen ein ganz unanfechtbares Urteil schwer abzugeben. Es hat bei der Beurteilung derartiger Instrumente die persönliche Liebhaberei und die Gewöhnung an ein bestimmtes Werkzeug

*) Ed. Heyer, (Über Messung der Höhen u.s.w. Gießen 1870, S. 30) verlangt noch direkte Angabe der Länge schiefstehender Bäume, was aber nur für einzelne Fälle Bedeutung haben könnte.

einen oft weitgehenden und unkontrollierbaren Einfluß. Wer z. B. ein besonderes Vergnügen an allerlei kleinen geodätischen Arbeiten findet, wird die hierzu geeigneten universellen Instrumente bevorzugen und z. B. einen der angenehmsten Höhenmesser, den Weiseschen wegen der Einseitigkeit seiner Anwendung gering achten. Oft trägt auch die im Interesse der billigen Herstellung erfolgte Mangelhaftigkeit in der technischen Ausführung Schuld an ungünstigen Urteilen.

Um ein annäherndes Bild von den mit den gebräuchlichsten Apparaten erreichbaren Resultaten zu geben, sei im Nachfolgenden das Ergebnis einer vergleichenden Messung, vorgenommen unter nicht sehr günstigen Bedingungen (Temperatur — 5,3° C, leicht bewegte Luft, hell), dargestellt.

Die äußerste Spitze einer Gingko biloba, welche im entlaubten Zustande sehr scharf sichtbar war, zeigte, gemessen mit einem Sekundentheodolit mit Mikroskopablesung, eine vertikale Erhebung von 16,640 m über einer eingeschlagenen Niveaumarke. Gegenüber dieser als genau richtig*) anzunehmenden Höhe ergaben die nachbenannten Instrumente folgende Resultate:

Aus freier Hand		Am Stative	
Winkler-Großbauer	16,33 m	Hoßfeld	14,90 m
Faustmann	16,10 „	Havlick I	16,10 „
Weise	16,75 „	Klaußner	16,65 „
Christen	15,60 „	Bose	15,95 „
Meßknecht	16,00 „	Mayer	16,90 „
Matthes	16,30 „	Sanlaville	16,45 „
Matthes-Zugmeier	15,95 „	Grabbogen	16,25 „
Abney	16,90 „	Wimmenauer	16,50 „

Es wäre jedoch verfehlt, aus diesen Zahlen auf die Brauchbarkeit eines Instrumentes allgemeine Schlüsse ziehen zu wollen.

Die indirekte Baumstärkenmessung.

A. Bedeutung und Theorie der indirekten Baumstärkenmessung.

Wenn man sich auch schon vor Jahrzehnten mit der Frage der indirekten Messung von höher gelegenen Baumdurchmessern beschäftigt hat, so war man doch noch bis in die letzten Jahre mit der Konstruktion von Instrumenten,

*) Dem Vergleiche solcher Höhenermittelungen mit einer präcisen Theodolitmessung ist gegenüber der direkten Längenmessung am nachträglich gefällten Stamme ganz entschieden der Vorzug zu geben, weil die Instrumente nur die vertikale Erhebung eines Baumgipfels über einem Bodenpunkte feststellen, und diese unter Umständen eine ganz andere Größe darstellt, als die am gefällten (und gestreckten) Stamme selbst abzugreifende Länge. Bei den Laubhölzern pflegt man zur Längenbestimmung den längsten Zweig zu messen, als Baumgipfel ist aber möglicherweise und in Wirklichkeit recht oft ein ganz anderer sichtbar.

welche diese Aufgabe in wirklich befriedigender Weise lösen, zurückgeblieben. Die Mangelhaftigkeit der Messungsergebnisse bei den älteren Instrumenten, wie z. B. bei der Winklerschen Konstruktion, war umgekehrt wieder die Ursache, daß die indirekte Durchmessermessung überhaupt etwas in Mißkredit kam und nur selten wirklich angewendet wurde. Das konnte um so mehr geschehen, als auf seiten der großen forstlichen Praxis ein wirklich dringendes Bedürfnis nach der genauen Kenntnis oberer Durchmesser von stehenden Bäumen, wie bereits bemerkt, auch heute noch nur selten entsteht, weil die genaue Inhaltsermittelung stehend verkaufter Bäume sich nach der Fällung noch rechtzeitig genug und dabei viel bequemer vornehmen läßt und weil — das ist der andere Fall, wo die Kenntnis oberer Durchmesser nötig ist, — man in den Gebieten, wo die Zugehörigkeit zu gewissen Tarifklassen von bestimmten oberen Minimalstärken abhängt, es meistens vorzieht, dies durch Besteigen der Bäume und direktes Abgreifen zu ermitteln.

Auch zur Ermittelung der Masse ganzer Bestände braucht man bei den bisher üblichen Verfahren die Kenntnis oberer Durchmesser ebenfalls nicht. Seitdem man aber begonnen hat, den Beziehungen zwischen Brusthöhen- und Mittendurchmessern größere Aufmerksamkeit zu schenken (Kunze, Schuberg) und Massentafeln, wie z. B. die Schubergs für Tanne und Buche, zu konstruieren, welche besondere Ab- und Zuschlagsfaktoren je nach dem Verhältnisse dieser beiden Durchmesser enthalten, macht sich auch für den Praktiker eine häufigere Ermittelung der Mittenstärke stehender Bäume erforderlich und es ist wohl nicht zu bezweifeln, daß man in dem Streben nach immer größerer Präcision dies Verfahren in Zukunft auch häufiger zur Anwendung bringen wird.

Ein thatsächliches Bedürfnis aber ist die indirekte Baumstärkenmessung bereits jetzt schon für das forstliche Versuchswesen bei der Aufnahme von Probeflächen. Durch die wiederholten Aufnahmen derselben wird die Zahl geeigneter Probestämme bald erschöpft, so daß in der zwangsweisen Benutzung ungeeigneter eine bedenkliche Fehlerquelle entsteht. Hier kann nun die sektionsweise Kubierung stehender Stämme, unter gewissen später zu besprechenden Voraussetzungen, die Fällung von Probestämmen wesentlich einschränken, wenn auch nicht ganz ersetzen, so daß jener Zustand der Erschöpfung erst viel später oder gar nicht eintritt.

Es ist damit der weitere Vorteil verbunden, daß nicht nur die Zahl der Probestämme vermehrt werden kann, sondern daß dieselben auch auf der Versuchsfläche selbst und nicht nur in deren Umgebung ausgesucht werden dürfen. Schließlich wäre man, falls die indirekte Stärkenmessung sich mit größerer Präcision ausführen läßt, auch in die Lage versetzt, Versuchsflächen sogar dort einmal anzulegen, wo die Fällung von Probestämmen überhaupt aus irgend einem Grunde nicht gestattet ist.

Es haben sich also auf diesem Gebiete der Holzmeßkunde die Verhältnisse

gerade in den letzten Jahren verändert, die Ansprüche sind gestiegen und es erscheint nicht mehr zulässig, ein principiell absprechendes Urteil über die Anwendbarkeit der indirekten Durchmessermessung und speciell der sektionsweisen Kubierung stehender Bäume zu fällen, wie wir es in älteren Lehrbüchern in der Regel vorfinden. Gewisse Schwierigkeiten, welche namentlich in der Unsichtbarkeit einiger der zu messenden Durchmesser vom Standpunkte des Beobachters aus sich ergeben, sind natürlich nicht zu beseitigen und zeitraubend bleibt unter allen Umständen die Aufnahme stehender Stämme. Denn für eine genaue Inhalts- oder Sortimentsermittelung, und um eine solche kann es sich ja meist nur handeln, ist die Benutzung bloß eines oberen Durchmessers ebenso unzulänglich, wie die des Brusthöhendurchmessers allein. Man wird, wenn man nicht in zwei oder vier Meter-Sektionen kubieren will, mindestens drei obere Durchmesser anwenden müssen. Trotz alledem gewinnt aber dies Verfahren für die geschilderten und ähnliche Fälle eine immer größere Bedeutung, so daß wir uns im Nachstehenden eingehender als in allen bisherigen Lehrbüchern mit ihm befassen müssen.

Theorie der indirekten Durchmessermessung.

Die Theorie der indirekten Durchmessermessung ist von der des optischen Distanzmessens*) im Prinzipe nicht verschieden, sondern im Grunde weiter nichts als eine Umkehrung des letzteren. Denn während — wenigstens bei den in der Geodäsie gebrauchten, optischen Entfernungsmessern — die gesuchte Distanz aus der Bildgröße eines seiner Ausdehnung nach bekannten Objektes (des Lattenabschnittes) ermittelt wird, ist bei jener die Entfernung bekannt und die Ausdehnung des anvisierten Objektes (des Durchmessers) zu bestimmen. Es muß sich daher auch jeder Distanzmesser der angedeuteten Art gleichzeitig als Baumstärkenmesser verwenden lassen. Doch wird es sich wegen mancherlei Besonderheiten und der notwendigen Forderung einer nur wenige Millimeter betragenden Fehlergrenze bei letzterer Aufgabe immer empfehlen, besonders für diesen Zweck konstruierte Dendrometer zu verwenden, deren Konstruktion eine der nachfolgenden Ideen zu Grunde liegen kann.

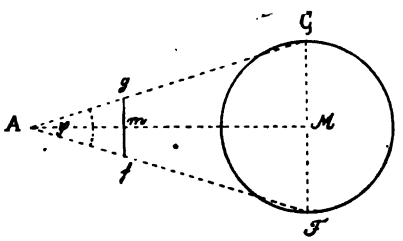


Fig. 90.

1. Denkt man sich von einem Punkte A aus (Fig. 90) zwei Visuren AG und AF nach den Endpunkten des gesuchten Durchmessers gezogen (wobei der Einfachheit wegen vorläufig davon abgesehen werde, daß diese in Wirklichkeit nicht den Durchmesser, sondern eine Sehne des

*) Vergl. hierzu Jos. Friedrich, Das optische Distanzmessen, Wien 1881, Frick.

zugehörigen Kreises einschließen), und zieht man weiter die Linie fg parallel zu FG, so ergiebt sich aus der Ähnlichkeit der entstandenen Dreiecke ohne weiteres der gesuchte Durchmesser

$$d = FG = \frac{fg \cdot AM}{Am} \text{ oder auch } \frac{fg \cdot AF}{Af}.$$

Diese Beziehungen benutzten Winkler-Großbauer, Klaußner, Sanlaville, Breymann, neuerdings auch Rueprecht und Peltzmann bei ihren Baummessern, indem sie diese so einrichteten, daß die Strecken fg und Am bezw. Af auf denselben direkt abgelesen werden konnten.

Mißt man nicht die Strecke fg, sondern den Winkel $\varphi = FAG$, so ist ebenso einfach

$$\frac{FG}{2} = AM \operatorname{tang} \frac{\varphi}{2}$$

also

$$d = 2\,AM \operatorname{tang} \frac{\varphi}{2}.$$

Im letzteren Falle ist nur noch zu beachten, daß AM die wirkliche (schiefe) Entfernung des Durchmessers FG vom Beobachter und nicht die Horizontalprojektion derselben darstellt. Benutzt man aber zu dieser Aufgabe einen Theodoliten, so giebt dieser bekanntlich die Horizontalprojektion des $\measuredangle \varphi$ an, deren Tangente dann ebenfalls mit der horizontalen Projektion der Linie AM zu multiplizieren wäre.

Alle Winkelablesungen zu vorliegendem Zwecke müssen äußerst scharf erfolgen, denn ein Winkelfehler von nur 1′ macht bei den gewöhnlich vorkommenden Durchmessern und auf eine Entfernung von 30 m schon eine Differenz im Durchmesser von 8—9 mm aus. Aus diesem Grunde sind die älteren Instrumente, welche, nur mit einfacher Diopterein richtung ausgestattet, derartig feine Ablesungen nicht mit Sicherheit ausführen lassen, unbrauchbar.

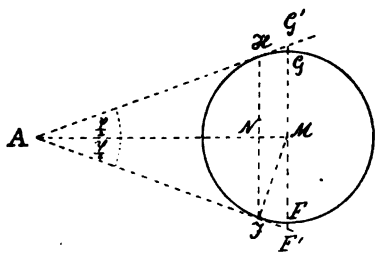


Fig. 91.

Dagegen sind die Fehler, welche, wie bereits bemerkt, dadurch entstehen, daß man nicht den wirklichen Durchmesser FG, sondern eine Sehne HJ zwischen die (nicht parallelen) Visierstrahlen einschließt und infolgedessen einen größeren Durchmesser F′G′ berechnet, praktisch belanglos. (Fig. 91.)

*) Die Z. f. d. g. F. 1898, 9 angegebene Formel für $\Delta = FG\left(1 - \cos\frac{\varphi}{2}\right)$ in unserer Schreibweise ist unrichtig, weil sie als Fehler die Differenz FM — JN auffaßt, was praktisch belanglos, theoretisch aber zu beanstanden ist, da man den Durchmesser nur mit Hilfe der nach dem Mittelpunkte des Baumquerschnittes gedachten Linie AM zu berechnen hat.

Nennen wir den Fehler des Radius $F'M - FM = \frac{\Delta}{2}$ so ist zunächst

$$F'M = AM \tang \frac{\varphi}{2}$$

und weiter

$$FM = JM = AM \sin \frac{\varphi}{2}$$

also $\frac{\Delta}{2} = AM \left(\tang \frac{\varphi}{2} - \sin \frac{\varphi}{2}\right)$ und der Durchmesserfehler natürlich doppelt so groß. Da aber bei den praktisch in Frage kommenden Entfernungen und Durchmessern $\sphericalangle \frac{\varphi}{2}$ selten mehr als 1^0 betragen wird, und die Differenz $\tang 1^0 - \sin 1^0$ nur 0,000003 ausmacht, so kann dieser Fehler ohne Schaden vernachlässigt werden. Derselbe ist übrigens 1. stets positiv, da die Tangente größer als der Sinus ist, 2. direkt proportional der Entfernung AM bei gleichem $\sphericalangle \varphi$ und 3. proportional dem $\sphericalangle \varphi$ bei gleicher Entfernung und wird 4. gleich 0 für $\varphi = 0$, d. h. wenn beide Visierstrahlen parallel laufen.

2. Ist man durch die Konstruktion des Instruments genötigt, die beiden Ränder eines Baumes zeitlich nacheinander anzuvisieren, wie z. B. bei Benutzung eines Theodoliten oder des Breymannschen Instrumentes, so können leicht Einstellungsfehler unterlaufen. Es sind daher die Instrumente vorzuziehen, welche den zu messenden Durchmesser in seiner ganzen Ausdehnung in ihr Gesichtsfeld einschließen. Wendet man zu diesem Zwecke Fernrohrinstrumente an, so ist bei diesen die Größe des in ihnen sichtbaren Bildes zu messen, aus welchem man dann die wirkliche Größe des anvisierten Objektes auf Grund der nachfolgenden optischen Gesetze berechnen kann.

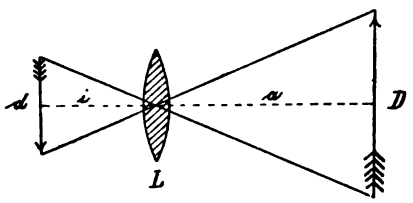


Fig. 92.

Bezeichnen wir mit d das durch eine Konvexlinse L verkleinerte Bild des Objektes D, mit a die Entfernung des letzteren, mit i die des Bildes vom Objektive L, und mit f die Brennweite des letzteren, so ist nach einem bekannten Gesetze der Optik

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{i};$$

hieraus erhält man den Wert für i

$$i = \frac{af}{a - f}.$$

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke (Fig. 92) ergiebt sich weiter

$$\frac{D}{d} = \frac{a}{i};$$

und hieraus bei Einsetzung des eben gefundenen Wertes für i

$$D = \frac{a - f}{f} \cdot d.$$

Man hat also nur nötig, für alle praktisch in Frage kommenden Entfernungen den Faktor $\frac{a-f}{f}$ bei einem bestimmten Instrumente ein für allemal zu berechnen und zu einer kleinen Tabelle zusammenzustellen, um nach Messung der Bildgrößen d durch einfache Multiplikation mit ihm den gesuchten Durchmesser D zu erhalten.

Diese Messung der Bildgröße d in einem Fernrohre kann in der Weise erfolgen, daß man in der Ebene des Bildes an Stelle des Fadenkreuzes zwei Fäden oder Spitzen anbringt, welche durch Mikrometerschrauben gegeneinander bewegt werden können, so daß sie das Bild gerade einschließen. Sind hierzu von der Nullstellung der beiden Spitzen aus, in welcher diese sich berühren, n Umdrehungen dieser Schrauben von der Ganghöhe s nötig, so ist die Bildgröße $d = ns$ und die vorstehende Formel lautet dann

$$D = \frac{ns}{f} (a - f)$$

oder wenn wir die konstanten Größen $\frac{s}{f} = k$ setzen

$$D = nk (a - f).$$

Da man nun weiter die Entfernung des Objektes gewöhnlich nicht von der Objektivlinse aus (a), sondern vom Instrumentencentrum mißt (E), so ist für a noch zu setzen $E - l$, wenn l die Entfernung der Objektivlinse vom Instrumentencentrum bedeutet. Also

$$D = nk (E - l - f).$$

Setzen wir hierin für die ebenfalls konstante Größe $(l + f)$ noch das Zeichen c, so geht die Formel über in

$$D = nk (E - c)$$

und schließlich, wenn wir die schiefe Entfernung E mit dem Neigungswinkel α gegen die Horizontale e durch $e \sec \alpha$ ersetzen,

$$D = nk (e \sec \alpha - c)$$

Die Produkte $k (E - c)$ können für eine bestimmte Instrumentenausführung ebenfalls berechnet und in bequemen Tabellen zusammengestellt werden.

Nach diesen Grundsätzen sind die nachstehend beschriebenen Instrumente von Wimmenauer und Starke eingerichtet.

Eine andere vielleicht noch einfachere Messung besteht darin, daß man in der Bildebene eine dünne Glasplatte anbringt, auf welche ein mikrometrischer

Maßstab eingeritzt ist. Kennt man den Wert eines Teilstriches dieses Maßstabes für eine bestimmte Entfernung a, so läßt sich für diese der gesuchte Durchmesser durch Abzählen der Teilstriche sofort, für andere Entfernungen mittels einer einfachen Reduktion ermitteln. (v. Guttenberg.)

Und schließlich ließe sich die Bildgröße auch messen mit Hilfe einer Einrichtung, welche in der Astronomie unter dem Namen Heliometer zur Distanzmessung zweier zugleich im Fernrohre sichtbaren Punkte benutzt wird. Zerschneidet man nämlich eine Objektivlinse durch einen Schnitt in der Richtung ihrer optischen Achse in zwei Hälften und verschiebt man diese seitwärts aneinander, so erblickt man in jeder Linsenhälfte das Bild eines anvisierten Objektes besonders, aber gegen das andere seitlich verschoben. Treibt man die Linsenverschiebung soweit, bis sich der rechte und der linke Rand des Bildes an dem schneidenden Durchmesser berühren, so läßt sich aus der Größe der durch Mikrometerschrauben meßbaren Linsenverschiebung die wirkliche Entfernung der beiden Ränder d. h. der Durchmesser des fraglichen Objektes berechnen. Für den Waldgebrauch dürften solche Instrumente aber wohl etwas zu empfindlich sein, auch haben Versuche in dieser Richtung (v. Guttenberg) bisher einen befriedigenden Erfolg nicht gehabt.

3. Eine andere Möglichkeit der indirekten Stärkemessung besteht darin, daß man den zu messenden oberen Durchmesser zwischen zwei Visierstrahlen einschließt und deren gegenseitige Entfernung an den Berührungspunkten mit dem Durchmesser auf einen bequem zu Händen liegenden Maßstab am Boden in natürlicher Größe überträgt und an diesem direkt abliest. Dies kann geschehen, indem man entweder (Raschke) das Bild im Fernrohre zwischen zwei Fäden einspannt und dann bei unveränderter Stellung der Fäden auf einen am Fuße des Baumes befindlichen Maßstab durch Neigen des Fernrohres herabkippt, oder aber, indem man das auf den einen Rand des Baumes eingestellte Fernrohr an seinem Aufstellungspunkte selbst solange parallel seitlich verschiebt, bis sein Fadenkreuz den anderen Rand des Baumes trifft. Trägt man Sorge, das Maß dieser seitlichen Parallelverschiebung zu messen, so erhält man in ihm direkt den gesuchten Durchmesser. (Friedrichs Baumstärkenmesser.)

B. Die Instrumente zur Baumstärkenmessung.

Instrumente ohne Fernrohr.

1. Winklers Dendrometer.

Außer der bereits geschilderten Einrichtung zum Höhenmessen (S. 124) besitzt der Winklersche Apparat noch die folgende. An der einen Seite des Brettchens (siehe Fig. 62) befindet sich bei O eine feine Okularritze und ihr gegenüber an der anderen Schmalseite eine Öffnung, welche links von einem

festen Backen P, rechts von einem mit Hilfe der Schraube S verschiebbaren Backen P′ begrenzt wird. Zwischen diese beiden Plättchen klemmt man das Bild des zu messenden Durchmessers ein, ihre gegenseitige Entfernung PP′ läßt sich dann mit Hilfe eines mit dem verschiebbaren Backen in Verbindung stehenden Nonius auf der kleinen Skala a b ablesen. Da man außerdem die konstante Entfernung des Okulars O von den Plättchen PP′ kennt, so erübrigt nur noch die Messung der Entfernung OG des Auges vom anvisierten Durchmesser d, um aus der Proportion

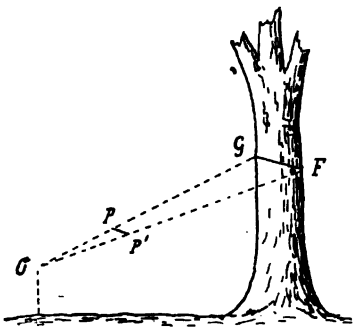


Fig. 93.

$$\frac{PP'}{OP} = \frac{FG}{OG}$$

den Durchmesser $d = FG = \frac{OG \cdot PP'}{OP}$ selbst zu berechnen. Die Entfernung GO läßt sich aber bei dem Winklerschen Instrument an dem Senkellineal direkt ablesen. Um jene Rechnung zu ersparen, hat Großbauer in seiner erwähnten Schrift ein Hilfstäfelchen berechnet, in dem man aus PP′ und OG den gesuchten Durchmesser direkt ablesen kann.

2. Klaußners Stärkenmesser.

Ganz analog ist die Einrichtung am Klaußnerschen Höhenmesser. Hier kann an dem beweglichen Visierarme (siehe Fig. 66) eine kleine Vorrichtung (Fig. 94) angeschraubt werden, welche ebenfalls aus einem festen und einem beweglichen Backen besteht. Der letztere wird mit Hilfe eines Schraubengewindes bewegt, dessen Ganghöhe 1 mm beträgt. Die ganzen Umdrehungen dieser Schraube und damit die Entfernung der beiden Backen in mm wird an einer Millimeterteilung oberhalb derselben, die teilweise Umdrehung an der Peripherie einer auf jenem Gewinde sitzenden Scheibe abgelesen. Da diese Peripherie in 100 Teile geteilt ist, so entspricht jeder Teilstrich einer Entfernung von 0,01 mm der beiden Backen. Die Länge des Visierlineals beträgt 20 cm, es ist infolgedessen die Einstellung und Ablesung wesentlich genauer als bei dem Winklerschen Apparat.

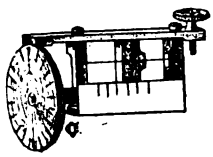


Fig. 94.

Zum Gebrauche hat man zunächst die kleine Vorrichtung an das Visierlineal anzuschrauben, dann die Standlinie zu messen und das Instrument in der beschriebenen Weise einzustellen, dann kann die Ablesung der Länge der Visierlinie am schrägen Visierarme und des verjüngten Durchmessers an jener Vorrichtung erfolgen. Dieselbe Berechnung wie vorhin ergiebt den gesuchten Durchmesser.

3. Rueprechts Dendrometer.

Auch die Rueprechtsche Einrichtung ähnelt der Winklerschen ganz und gar, nur ist die Berechnung des Durchmessers auf Grund der besonderen Konstruktion des Instrumentes eine vereinfachte.

Auf der dem Okular O gegenüberliegenden Kathete (Fig. 69) befindet sich eine Centimeterteilung, an welcher ein Schieber mit einer Nonius-einrichtung gleitet, deren Nullpunkt mit dem Nullpunkte der Teilung zusammenfällt, wenn ein am Schieber befindlicher Metallfaden V mit jenem anderen am rechten Winkel der Messingplatte befindlichen Faden V^{II} sich deckt. Klemmt man nun, durch A visierend, den scheinbaren Durchmesser eines Baumes unter entsprechender Bewegung des Schiebers zwischen diese beiden Metallfäden V und V^{II}, so läßt sich deren Entfernung N am Nonius bis auf zehntel Millimeter ablesen.

Zur Bestimmung eines Durchmessers ist zunächst die vertikale Erhebung desselben über der horizontalen Visierlinie zu bestimmen, oder richtiger gesagt, der bestimmte Aufstellungspunkt für das Instrument zu suchen. Dies geschieht in der S. 137 geschilderten Weise. Dann erfolgt von demselben Standpunkte aus das Anvisieren der beiden Durchmesserenden und die Ablesung am Nonius in Millimetern = N. Mißt man sodann noch die horizontale Standlinie e in Metern, so ist der Durchmesser

$$d = N \cdot e \text{ cm.}$$

Beweis. Auf Grund des Verfahrens bei der Höhenmessung ist die Visierlinie nach dem gesuchten Durchmesser gleich der Hypotenuse eines rechtwinkeligen-gleichschenkeligen Dreiecks, dessen Katheten gleich der gemessenen Standlinie e sind, also Länge der Visierlinie $= e\sqrt{2}$. Nun verhält sich wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke, der gesuchte Durchmesser zu der gegenseitigen Entfernung der Metallfäden N, wie diese Visierlinie $e\sqrt{2}$ zu der Entfernung des Okulars bis zu den Metallfäden, die letztere aber beträgt gerade 14,14 cm. Es ist also

$$d : N = e\sqrt{2} : 14{,}14.$$

Benennt man alle Zahlen in Centimetern, so muß man schreiben

$$d = \frac{e\sqrt{2} \cdot 100}{14{,}14} \cdot \frac{N}{10} \text{ cm}$$

oder

$$= \frac{e \cdot 1{,}414 \cdot 100 \cdot N}{14{,}14 \cdot 10} = e \cdot N \text{ cm.}$$

Würdigung. Es ist keine Frage, daß sich die Durchmesserermittelung in der angegebenen Weise recht bequem ausführen läßt und doch erscheint auch hier das Rueprechtsche Instrument nicht recht empfehlenswert. Ganz

abgesehen von den Einwendungen, welche sich gegen seine Methode der Höhenmessung im allgemeinen erheben lassen und welche auch hier zur Geltung kommen, erscheint die Visiervorrichtung mit 14,14 cm Länge ziemlich kurz, außerdem muß die sicherlich viel Akuratesse erfordernde Einstellung mit der Hand, ohne Zuhilfenahme einer Schraube, erfolgen. Sie wird daher leicht unscharf werden. Professor Müttrich giebt Z. f. F. u. J. 1894, 429 die Fehler bei seinen Versuchen mit + 1,1 cm und + 0,2 cm an. Überdies erfordert jede einzelne Durchmesserbestimmung, auch an demselben Stamme, eine neue Standlinienmessung, was das Instrument z. B. für die sektionsweise Messung eines Stammes ganz ungeeignet macht.

4. Sanlavilles Dendrometer.

Ruft man sich die Einrichtung und den Gebrauch des Sanlavilleschen Dendrometers (S. 142) ins Gedächtnis zurück, so erhellt die Benutzung desselben zum Durchmessermessen ohne weiteres. Das Absehen D_2 (Fig. 75) enthält ebenfalls zwei gegeneinander bewegliche Backen, deren Abstand an einem kleinen Nonius bis auf 0,1 mm abgelesen werden kann. Ist nun die Einheit dieses Maßstabes dieselbe wie die, welche der Teilung des ganzen Instrumentes zu Grunde liegt, so muß jener Abstand ebendieselbe Verjüngung des gesuchten Durchmessers darstellen, in demselben Verhältnis, wie jene Einheit zur angewendeten Ziellatte steht, und sich ebenso direkt ablesen lassen, wie die Höhenangaben. Zum Gebrauche hat man also die Ziellatte am Baume aufzustellen, das Visierlineal, wie früher beschrieben, einzurichten, und dann unter entsprechender Verschiebung des Absehens D_2 den Durchmesser scharf zwischen die Backen desselben einzufassen. Die Ablesung am Nonius ergiebt den Durchmesser in Centimetern.

Bei sorgfältiger Arbeit und gut justiertem Instrumente sind die Resultate, weil die Entfernung vom Okular bis zum Absehen D_2 in der Regel ziemlich lang ist, etwas genauer als bei den vorbeschriebenen Instrumenten.

5. Peltzmanns Dendrometer.

Die Einrichtung zur Durchmessermessung an Peltzmanns Dendrometer hat wie die Sanlavillesche den großen Vorzug, die gemessenen Durchmesser direkt, ohne jede Umrechnung anzugeben, was als wesentlicher Vorteil betrachtet werden muß. Die Anvisierung des Durchmessers erfolgt (Fig. 67a) durch ein Okular O, sowie vermittelst eines festen Backens P′ und eines beweglichen P, deren Abstand, wie die Zeichnung andeutet, durch die Schraube s reguliert und am Nonius N gemessen werden kann. Bis hierher gleicht die Einrichtung genau der von Winkler-Großbauer. Die Umrechnung aber der Noniusablesung auf den wirklichen Betrag des Durchmessers umgeht Peltzmann in

origineller Weise, indem er das Okular O an einem in mm geteilten Stabe, der sich in Führungen bewegen läßt, anbringt, und so es ermöglicht, die Entfernung OP je nach der am Pendel des Höhenmessers abgelesenen schiefen Entfernung bis zum Durchmesser zu verändern. Da die Entfernung OP am besten gleich $\frac{1}{100}$ der wirklichen Entfernung genommen wird, so hat man die in $\frac{1}{10}$ mm genau erfolgende Noniusablesung mit 100 zu multiplizieren, d. h. man liest den Durchmesser in ganzen cm am Nonius ab. Ohne Zweifel ist diese Einrichtung neben der dieselben Vorteile bietenden Sanlavilleschen die beste von allen der genannten einfachen Instrumente.

Stärkemesser mit Fernrohr.

1. Breymanns Universalinstrument.

Professor Breymann war seit Hoßfeld der erste, welcher zur Ermittelung der Baumdurchmesser ein Fernrohrinstrument konstruierte. Wie früher (S. 164) schon kurz angegeben, ist dasselbe ein kleiner Theodolit mit Horizontal- und Vertikalkreis, an welchem aber dem Fernrohre nach Festbremsung seines Trägers noch eine, mittels Mikrometerschraube meßbare, seitliche Bewegung gegeben werden kann. Hierdurch ist es möglich, erst die eine, dann die andere Seite eines Durchmessers scharf an den Vertikalfaden im Fernrohre einzustellen und die kleine Winkelbewegung φ des Fernrohres an der Trommel der Mikrometerschraube, welche diese Einstellung bewirkt, und zwar in 100teln der Umdrehungen derselben sicher, in 1000teln schätzungsweise, abzulesen. Mißt man dann noch den Neigungswinkel α dieser Visuren und die horizontale Entfernung e von der Achse des Baumes, so ergiebt sich der gesuchte Durchmesser (mit einem kleinen aber ganz bedeutungslosen Fehler*)) als Produkt von $\operatorname{tang} \varphi$ mal der schrägen Entfernung E, welch' letztere $= \frac{e}{\cos \alpha}$ ist. Hieraus also

$$d = e \frac{\operatorname{tang} \varphi}{\cos \alpha} = e \sec \alpha \operatorname{tang} \varphi.$$

Da das Breymannsche Instrument sich auch als Distanzmesser benutzen läßt, indem man das Fernrohr auf die Enden einer horizontal gehaltenen

*) Streng genommen stellt der Winkel φ die Summe zweier Winkel φ_1 und φ_2 dar, welche die beiden Visierstrahlen mit der nach dem Mittelpunkte des gemessenen Durchmessers gedachten Visierlinie E bilden und es ist $d = E (\operatorname{tang} \varphi_1 + \operatorname{tang} \varphi_2)$. Bei so kleinen Winkeln aber kann man unbedenklich die Summen der Tangenten der Tangente der Winkelsumme gleichsetzen.

Ziellatte a nacheinander einstellt, so kann man sich die direkte Messung von e ersparen und erhält den gesuchten Durchmesser in einer Formel

$$d = \frac{\lambda - \varrho}{l - r} \frac{a}{\cos \alpha},$$

worin l und r die beiden Einstellungen auf die Ziellatte a, λ und ϱ die Einstellungen auf die korrespondierenden Enden des Baumdurchmessers, a die Länge der Ziellatte und α den Neigungswinkel der Visur bedeutet. Näheres hierüber wolle man nachsehen A. F. u. J. Z. 1868, S. 201 und Kunze, Holzmeßkunst S. 101.

Die Messungsergebnisse sind recht befriedigend. Kunze fand z. B. (a. a. O. 110) an 50 Nadelholzstämmen mit Durchmessern zwischen 6,7 und 40,0 cm nur eine Fehlergrenze von + 0,6 und — 0,7 cm, wobei 78 % noch unter ± 0,5 cm, 46 % unter 0,3 cm bleiben. Dennoch hat sich das Instrument nicht einführen können, denn es ist viel zu teuer, außerdem ist die Arbeit mit ihm, namentlich bei indirekter Distanzmessung, recht umständlich. Fehler können leicht entstehen durch eine ungenaue Aufstellung der Distanzlatte, sowie durch die fast stets vorhandenen Bewegungen des oberen Baumteiles, denen man bei zwei zeitlich aufeinander folgenden Visuren nur schwer, eventuell nur durch wiederholte Kontrollbeobachtungen entgehen kann.

2. v. Guttenbergs Dendrometer.

Dasselbe besteht*) aus einem Fernrohr mit vollem Höhenkreis, von dem ein Drittel mit Grad-, ein Drittel mit Tangententeilung für Höhenmessungen und ein Drittel mit Sekantenteilung zur Reduktion der Horizontalentfernung in die schiefe versehen ist. In der Bildebene des Fernrohres ist auf einem feinen Glasplättchen**) ein mikroskopischer Maßstab angebracht, dessen Teilung so ausgeführt ist, daß bei einer schiefen Entfernung der Instrumentenachse vom Objekte von 20 m die Entfernung zweier Teilstriche 1 cm wirklichem Maße des Objektes entspricht. Man kann also im Fernrohr die horizontale Ausdehnung eines gerade 20 m entfernten Gegenstandes direkt ablesen. Für jede andere schiefe Entfernung E muß das Resultat mit $\frac{E}{20}$ multipliziert werden. Zur Ermittelung dieser schiefen Entfernung E aus der zu messenden Horizontalen e, deren Verhältnis beim Neigungswinkel α wie schon wiederholt bemerkt

$$E = e \cdot \sec \alpha$$

*) Ö. V. 1896, S. 245.

**) Hoßfeld beschreibt in seiner „Praktischen Stereometrie" bereits im Jahre 1812 eine ähnliche Einrichtung (S. 134), ebenso in der Diana 3. Bd., S. 160. Der gleiche Apparat wird von F. Lombard (Rev. 1898, S. 670) als boussole Dendrométrique beschrieben.

ist eben der Höhenkreis mit jener Sekantenteilung versehen. Hiernach ergiebt sich ein höchst einfacher Gebrauch. Man stellt sich an geeignetem Standorte auf, mißt die Horizontale e und zählt im Fernrohre die Zahl n der das Bild des anvisierten Durchmessers deckenden Teilstriche, dann liest man noch die Sekante des Neigungswinkels α ab und erhält in der, leicht im Kopfe auszuführenden, Berechnung des Ausdruckes

$$D = \frac{n \cdot e \cdot \sec \alpha}{20}$$

den gewünschten Durchmesser.*)

Man kann mit dem Instrumente selbstverständlich alle anderen von einem Dendrometer verlangten Aufgaben lösen, also neben der Höhenermittelung auch die Aufsuchung eines bestimmten Höhenpunktes oder bestimmten Durchmessers.

Verfertiger: Mechaniker Schneider in Wien. Preis 240 Kr.

Die Resultate sind sehr befriedigend und die Ausführung der Rechnungsoperation besonders mit Hilfe eines Rechenschiebers sehr bequem und rasch ausführbar. Als Nachteil möchte nur die Umständlichkeit der Einstellung auf bestimmte Höhen h′ erwähnt werden, die ebenfalls eine Berechnung der Tangente des Neigungswinkels α erforderlich macht ($\tan \alpha' = \frac{h' - c}{e}$; worin c das unterhalb der horizontalen Visierlinie liegende Stück des Baumes bedeutet). In dieser Beziehung bieten namentlich die noch zu beschreibenden Instrumente von Friedrich und Starke wesentliche Vorteile.

3. Dendrometer mit Mikrometerfernrohr.

Von Konstruktionen, welche die Bildgröße im Fernrohre mit Mikrometerschrauben messen, sind z. B. zwei bekannt, die vom Mechaniker Starke und von Professor Wimmenauer. Beide bestehen aus einem mit einer Höhenmeßvorrichtung verbundenen Fernrohre, in dessen Bildebene zwei einander horizontal gegenüberliegende Spitzen mittels einer Mikrometerschraube sich meßbar gegeneinander verschieben lassen. Die Unterschiede zwischen beiden sind mehr äußerlicher Natur. Es möge daher genügen, hier das letztgenannte, das sich wegen seiner einfacheren Ausführung und seines billigeren Preises für die Anwendung in größerem Umfange mehr eignet, näher zu beschreiben und vom ersteren nur die hauptsächlichsten Unterschiede kurz anzugeben.

*) Wie Forstrat A. Schiffel (Z. f. d. g. F. 1898, 2) nachweist, ist mit einer derartigen Darstellung der Theorie des Instruments ein kleiner Fehler verbunden, der aber in der Praxis 3 mm nicht übersteigt. Derselbe wird dadurch hervorgerufen, daß die fragliche Berechnung streng genommen nicht für eine von der Achse des Instrumentes, sondern für eine vom vorderen Brennpunkte der Objektivlinse, dem sog. anallatischen Punkte des Fernrohres, ausgehende Entfernung e giltig ist.

a) Wimmenauers Baummeſſer mit Fernrohr.

Während die urſprüngliche Form*) des Wimmenauerſchen Inſtrumentes ſich als eine Verbindung des Winklerſchen Meßbrettchens mit einem kleinen Fernrohre darſtellte, hat die neueſte, verbeſſerte Form das Prinzip des Weiſeſchen Höhenmeſſers adoptiert.**) Dasſelbe beſteht in ſeiner gegenwärtigen Ausführung aus einem kleinen etwa 23 cm langen aſtronomiſchen Fernrohre, in deſſen Bildebene zwei Schraubenſpitzen ſichtbar ſind, die ſich beide unabhängig voneinander mittels Mikrometerſchrauben bewegen laſſen. Die Ganghöhe der letzteren beträgt 0,5 mm und da die Peripherie der Schraubenköpfe in 50 Teile geteilt iſt, ſo kann man an ihnen $\frac{1}{100}$ mm genau, $\frac{1}{1000}$ mm noch ſchätzungsweiſe ableſen. Mit dem Fernrohre feſt verbunden iſt ein Höhenmeſſer nach Art des Weiſeſchen, nur ohne den Zahnbeſatz der Skala und mit einem Metallpendel, das zur Beſtimmung der ſchiefen Standlinie E ebenfalls mit einer Teilung verſehen iſt. Das Fernrohr wird von einem kleinen Träger gehalten, welcher auf eine Baumſchraube oder ein entſprechendes Stativ aufgeſetzt, ſowohl in vertikaler, wie in horizontaler Richtung eine Feinbewegung mittels Druckfedern und Schraubengetrieben zuläßt, wie aus der Abbildung näher erſichtlich iſt.

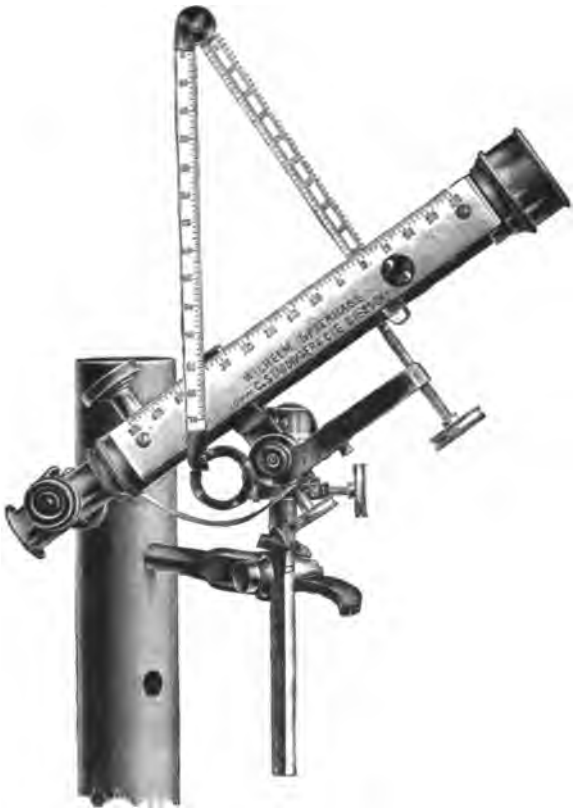


Fig. 95.
Wimmenauers Baummeſſer.

Zum Gebrauche wird das Inſtrument ſo aufgeſtellt, daß ſich das Fernrohr beim Auf- und Abbewegen in der durch die Baumachſe gehenden ſenkrechten Ebene dreht, was nach dem Augenmaße oder auch mit Hilfe eines

*) A. F. u. J. Z. 1896, 222.
**) A. F. u. J. Z. 1898, 144, 252. 1899, 44.

Senkels bewerkstelligt wird. Hierauf ist die horizontale Entfernung e von der Instrumentenachse bis zur Baumachse, bezw. bis zur vertikalen Projektion des anzuvisierenden Durchmessers zu bestimmen und die Distanzskala des Höhenmessers entsprechend einzustellen. Nun richtet man das Fernrohr auf den gesuchten Durchmesser und faßt ihn möglichst scharf durch Drehen an den beiden Mikrometerschrauben am Fernrohrauszuge zwischen die beiden Schraubenspitzen, wobei man sich bemüht, ihn möglichst in die Mitte des Gesichtsfeldes zu bringen, d. h. beide Schrauben gleich weit heraus zu drehen. Ist dies erfolgt, so liest man am Pendel die schiefe Entfernung E vom Instrumente bis zum Objekte, und an beiden Trommeln jener Schrauben die Bildgröße in $\frac{1}{100}$ bezw. $\frac{1}{1000}$ mm ab, wobei zu bedenken ist, daß jede Umdrehung derselben $= 0{,}5$ mm beträgt.

Den gesuchten Durchmesser D erhält man aus der Gleichung $D = d \cdot m$, d. h. durch Multiplikation des Schraubenabstandes d, welcher gleich der Summe der beiden Trommelablesungen ist, mit einem von der Entfernung E abhängigen Faktor m, welchen man einer dem Instrumente beigegebenen Tabelle entnimmt. Dieser Faktor ist berechnet mit Hilfe der Formel

$$m = \frac{a - (f + c)}{f}$$

worin a die Entfernung des zu messenden Durchmessers vom Instrumente, wie sie am Pendel abgelesen wird, c einen von der Ausführung des Instrumentes abhängigen Faktor, f die Brennweite bedeutet und welche im übrigen mit den vorstehend entwickelten Formeln identisch ist.

Wünscht man den Durchmesser in einer bestimmten Höhe zu ermitteln, so ist das Instrument gut horizontiert nach Messung der Entfernung zuerst auf die entsprechende Höhe einzustellen. Man berücksichtige aber die Instrumentenhöhe. Wünschte man z. B. den Mittendurchmesser eines Baumes von 23 m Scheitelhöhe kennen zu lernen, und träfe die Horizontalvisur durch das Fernrohr den Baum in 2,4 m Höhe vom Boden, so wäre der Höhenmesser nicht auf 11,5 m, sondern auf $11{,}5 - 2{,}4 = 9{,}1$ m einzustellen. Hierauf folgt die Durchmesserermittelung in der vorher beschriebenen Weise.

Umständlicher ist die Aufsuchung eines gegebenen Durchmessers. Hierbei ist uns in der Gleichung

$$D = dm$$

nur D bekannt, die zu gebende Schraubenstellung d ist aber von m, oder von der Entfernung E abhängig, so daß nichts anderes übrig bleibt, als die fragliche Stelle am Baume erst schätzungsweise zu bestimmen, dort den Durchmesser zu ermitteln und das Verfahren so lange zu wiederholen, bis sich an der anvisierten Stelle der verlangte Durchmesser ergiebt.

Würdigung. Der Wimmenauersche Baumstärkenmesser löst die Aufgabe der Durchmesserbestimmung in durchaus befriedigender Weise. Es arbeitet sich mit ihm sehr angenehm und bequem und der Preis muß im Verhältnis zu den Leistungen als ein bescheidener bezeichnet werden, namentlich auch im Hinblicke auf die wesentlich höheren Kosten der anderen Durchmessermesser mit Fernrohr. Auch an schiefstehenden Bäumen kann man durch entsprechendes Neigen des Instrumentes oder auch durch leichte Verdrehung der Okularröhre den richtigen, senkrecht zur Stammachse befindlichen Durchmesser ohne besondere Rechnung finden. Der Auftrag des Faktors m auf dem Pendel an Stelle, oder besser neben den Entfernungsangaben wäre wohl erwünscht, läßt sich aber, da er nicht für alle Instrumente derselbe ist, technisch nicht gut ausführen. Dagegen könnte die Aufhängung des Pendels vielleicht etwas verfeinert werden, damit auch geringe Veränderungen in der Lage des Fernrohres noch zur Berücksichtigung kommen. Der Vorwurf, daß man einen bestimmten Durchmesser nicht mit einem Male aufsuchen kann, trifft alle Fernrohrinstrumente, diese Aufgabe läßt sich in einfacher Weise nur mit einem Diopterinstrumente nach Art des Sanlavilleschen lösen, auch der Klaußnersche Höhenmesser ließe sich zu diesem Zwecke einrichten, wenn man seine Durchmessermeßvorrichtung an der Höhenskala verschiebbar anbringen könnte. Aber diese Art von Instrumenten arbeitet nicht scharf genug.

Verfertiger: W. Spörhase in Gießen. Preis einschließlich Etui 63 Mk. ohne und 75 Mk. mit Vorrichtung zur feinen Horizontal- und Vertikalstellung. Stativ 10 Mk.

b) Das Dendrometer von Starke.

Während das Wimmenauersche Instrument mehr für die große forstliche Praxis anwendbar erscheint, stellt sich das Dendrometer von Starke mehr als ein für genaueste Untersuchungen bestimmtes Präcisionsinstrument dar. Auf einem soliden Fernrohrträger mit Vertikal- und Horizontalstellung sitzt ein mit einer Libelle verbundenes starkes Fernrohr, das in der Bildebene nur eine mit Mikrometerschraube bewegliche Spitze zeigt, welcher eine andere, fixe gegenübersteht. Das Fernrohr ist weiter mit einem im Prinzipe dem später zu beschreibenden Friedrichschen entsprechenden Höhenmesser verbunden, der nicht nur sehr präcis funktioniert, sondern sich auch wie dieser bequem und sicher auf eine bestimmte Höhe einstellen läßt. Der Durchmesser berechnet sich bei diesem Instrument nach der Formel

$$D = nk\,(E - c)$$

worin n die Zahl der Mikrometerumdrehungen, k und c Konstanten des Einzelinstrumentes sind. Eine ausführliche Beschreibung findet sich Z. f. d. g. F. 1895, S. 339.

Verfertiger. Starke und Kammerer, Wien IV.

Preis nach Übereinkommen, da das Instrument nur auf Bestellung gearbeitet wird.

4. Stärkemeſſer nach Raſchke.

Schon Breymann hatte*) auf die Möglichkeit hingewieſen, durch Herabkippen, Projizieren des geſuchten Durchmeſſers auf einen am Fuße des Baumes befindlichen Maßſtab, die geſuchte Größe an letzterem direkt ableſen zu können. Der k. k. Forſtaſſiſtent W. Raſchke kommt auf dieſen Gedanken zurück, wenn er (Ö. V. 1896, 249) vorſchlägt, ein beliebiges Fernrohrinſtrument zu dieſem Zwecke wie folgt zu aptieren.

Es wird in nächſter Nähe der Fadenkreuzebene um die Okularröhre ein Verſtärkungsring gelegt und durch dieſen von rechts und links zwei Schrauben hindurchgeführt, mit deren Spitzen man auf dieſe Weiſe das Bild eines Gegenſtandes, alſo z. B. einer Stammpartie im Fernrohre ſeitlich einſchließen kann. Iſt letzteres geſchehen, wobei man zur Vermeidung von Excentricitätsfehlern das Fadenkreuz möglichſt auf die Mitte des anviſierten Objektes einſtellen wird, ſo hat man noch ſenkrecht zur Viſierrichtung am Fuße des Baumes einen entſprechend fein geteilten Maßſtab horizontal und zugleich genau ſenkrecht zur Viſierlinie aufzuſtellen und würde dann, ohne die Stellung jener Schrauben zu ändern, durch Herabkippen des Fernrohres die zwiſchen die Schraubenſpitzen gefaßte Entfernung direkt an jenem ableſen können, vorausgeſetzt, daß der anviſierte Durchmeſſer und der Maßſtab gleich weit vom Fernrohre entfernt ſind. Da das aber in der Regel nicht der Fall iſt, ſo wird die Ableſung d um ſo kleiner ſein, je näher der Maßſtab ſich dem Auge befindet, und umgekehrt. Es muß alſo eine Korrektur im Verhältnis der Länge der beiden Viſierlinien E und E′ (Fig. 96) eintreten, d. h. es wird ſein

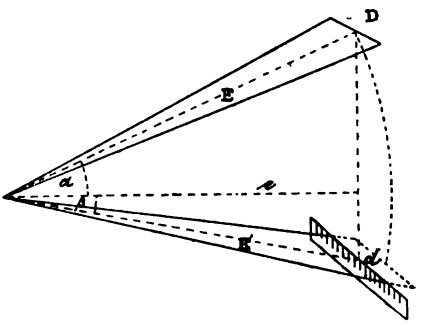


Fig. 96.

$$D = d \frac{E}{E'}.$$

Kann man vorausſetzen, daß ſich der Maßſtab vertikal unter D befindet und drückt man die beiden Größen E und E′ durch ihre zugehörigen Neigungswinkel α und β gegen die Horizontale e aus, ſo iſt

$$D = d \frac{e \sec \alpha}{e \sec \beta} = d \frac{\sec \alpha}{\sec \beta}.$$

*) A. F. u. J.-Z. 1868, 209.

Vorstehende einfache Formel soll nur das Verfahren erläutern, sie ist genau nur für Diopterinstrumente, für Fernrohrinstrumente nur näherungsweise giltig. Die für letztere richtige giebt Raschke a. a. O. an.

Das vorstehend geschilderte Verfahren hat den Vorzug, mit jedem beliebigen Fernrohre, das mit geringem Aufwande hierzu umgeändert ist, ausführbar zu sein. Doch wird auf der anderen Seite die große Umständlichkeit der Maßstabaufstellung in Verbindung mit den damit in Zusammenhang stehenden Fehlerquellen die praktische Anwendung stets verhindern. Bei vorsichtiger Arbeit, insbesondere auch bei zur Visierlinie senkrechter Aufstellung des Maßstabes, sind die Resultate recht befriedigend. W. Raschke selbst erhielt bei 14 Messungen nur $\pm$ 0,08 cm mittlere und eine größte Abweichung von 0,25 cm gegenüber der Kluppenmessung.

5. Baumstärkenmesser von Friedrich.

Das von dem k. k. Oberforstrat Friedrich bereits 1890 erfundene Dendrometer wendet die Parallelverschiebung*) des Fernrohres an. Bedeutet in Fig. 97 FG den Durchmesser eines kreisrunden Baumes und AF einen diesen tangierenden Visierstrahl, so kann man sich das Fernrohr seitlich und parallel nach A′ verschoben denken, sodaß die Visur A′G den Durchmesser wieder auf der anderen Seite berührt. Dann muß die Strecke AA′ gleich dem gesuchten Durchmesser FG sein, und man kann, sofern man nur auf AA′ eine geeignete Teilung anbringt, denselben direkt ablesen. Selbstverständlich muß eine derartige Einrichtung äußerst präcis gearbeitet sein, denn eine Parallaxe von nur 1′ verursacht auf 30 m schon fast 1 cm Durchmesserfehler.

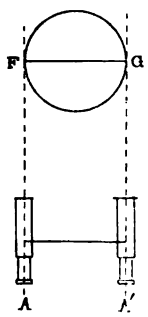


Fig. 97. Friedrichs Baumstärkenmesser.

Ein hiernach hergestelltes Instrument besteht aus einem lichtstarken Fernrohre mit Fadenkreuz, dessen Träger sich, genau justiert, seitlich an einem mit Teilung versehenen Metallstab verschieben läßt. Das Fernrohr läßt sich außerdem kippen, bezw. auf eine bestimmte Neigung einstellen. Zu diesem Zwecke ist das Instrument noch mit einem Höhenmeßapparat verbunden, der in seiner Idee dem Klaußnerschen oder Hoßfeldschen entspricht, nur viel feiner ausgeführt ist und Ablesungen bis zu 10 cm gestattet. Das Wesentliche an ihm ist jedoch, daß die Höhenskala sich nicht nur längs der Distanzskala in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung verschieben läßt, so daß ihr Nullpunkt sowohl auf die Horizontalebene der Instrumentenachse, wie auch auf die durch den Fußpunkt des Baumes gehende Ebene

*) Bereits früher hatte Forstmeister Rotter den Vorschlag gemacht, die Arme einer Holzkluppe mit Visiervorrichtungen zu versehen, um sie auf diese Weise zur Messung oberer Durchmesser zu verwenden. Vgl. v. Guttenberg. Ö. V. 1896, 245.

eingestellt werden kann. Durch Letzteres aber ist es ermöglicht, das Fernrohr auf jede beliebige Höhe ohne weitere Rechnung einzustellen.

Auf eine specielle Beschreibung dieses bisher nur in einem Exemplare von der Firma Starke und Kammerer in Wien hergestellten Instrumentes muß verzichtet werden. Sie findet sich Z. f. d. g. F. 1895, S. 335.

Die Vorzüge aber einer derartigen Einrichtung sind die folgenden:

1. Die Durchmesserermittelung ist unabhängig von der Entfernung, soweit dies nicht durch Mängel in der technischen Ausführung beschränkt wird.
2. Die Messung einer Standlinie ist bei bloßen Durchmesserbestimmungen nicht erforderlich, sondern nur für gleichzeitige Höhenmessungen.
3. Der Durchmesser wird direkt in seinem vollen Betrage abgelesen.
4. Es wird der wirkliche größte Durchmesser in der Sehrichtung bestimmt, keine kleinere Sehne oder ein anderer größerer Betrag.
5. Die Auffuchung eines bestimmten Durchmessers erfolgt zwar auch durch Probieren, aber ohne Rechnung und wesentlich einfacher als bei den anderen Fernrohrinstrumenten.

Als Nachteil ist der hohe Preis, der umständliche Transport des ziemlich schweren Instrumentes und die für den Waldgebrauch zu hohe Empfindlichkeit des subtilen Apparates anzuführen.

Im ganzen aber dürfte der Friedrichsche Stärkenmesser in geeigneter Ausführung wohl derjenige sein, welcher die genauesten Angaben, die überhaupt möglich sind, zu liefern verspricht.

C. Resultate und Beobachtungsregeln bei der Durchmesserermittelung.

Wie bereits bemerkt, können die einfachen Diopterinstrumente wegen der Unsicherheit ihrer Angaben nur in wenigen Fällen in Frage kommen. Immerhin seien zur Anschaulichkeit die Resultate einiger derartiger Messungen, verglichen mit anderen exakteren angeführt.

Es zeigte die bereits S. 169 erwähnte japanische Eibe in einer Höhe von 5,93 m und bei einer Horizontalentfernung von 25,55 m:

Instrument	Direkte Messung	Theodolit	Stärkemesser von			
			Wimmenauer	Sanlaville	Klaußner	Winkler
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Durchmesser	184,0	183,5 auf 0,3 mm genau	187,4	190	206	210
Differenz	+ 0,5	± 0	+ 3,9	+ 6,5	+ 22,5	+ 26,5

A. Schiffel teilt Z. f. d. g. F. 1898, 11 die Ergebnisse einer ausgedehnten Prüfung der neueren Fernrohrdendrometer mit. Hiernach lieferten die nachstehenden Instrumente folgende durchschnittliche Fehler in mm des Durchmessers und in Prozenten der Kreisflächen gegenüber der als richtig anzunehmenden Messung mittels des Friedrichschen Instrumentes mit Parallelverschiebung:

Holzart	Standlinie	Starke		v. Guttenberg		Wimmenauer	
		Fehler		Fehler		Fehler	
	m	mm	%	mm	%	mm	%
Tanne	30	+ 2,60	+ 0,49	+ 4,40	+ 0,62	— 5,17	— 0,68
Buche	20	+ 1,50	+ 1,43	+ 3,58	+ 2,91	+ 1,91	+ 1,21
Kiefer	23,1	+ 4,46	+ 0,29	— 4,40	— 0,36	+ 5,60	+ 2,04
Eiche	19,4	+ 2,30	+ 1,08	+ 2,60	+ 0,43	— 9,40	— 1,60
Mittlerer Fehler		2,7 mm		3,0 mm		5,5 mm	

Gewisse Fehlergrößen werden wir also, wie diese Prüfungen zeigen, infolge der Unvollkommenheit unserer Meßwerkzeuge immer in den Kauf nehmen müssen. Um dieselben aber in zulässigen Grenzen zu halten, bedarf es speciell beim Messen der Durchmesser der Beobachtung folgender Punkte:

1. Man wähle einen Standpunkt, an dem man die zu messenden Stellen und den Gipfel deutlich übersehen kann, vermeide möglichst als Hintergrund gleichgefärbte Stämme.

2. Die Entfernung sei nicht zu weit, etwa gleich der Höhe des höchstgelegenen der zu messenden Durchmesser, oder wenn eine gleichzeitige Ermittelung der Totalhöhe des Baumes stattfindet, ungefähr gleich dieser, um doppelte Standlinienmessungen zu ersparen.

3. Bei excentrisch gewachsenen Stämmen stelle man sich senkrecht zu einem mittleren Durchmesser auf, dessen Lage man am Fuße des Stammes durch Anlegen einer Kluppe feststellt.

4. Schief stehende Stämme. Man wird die indirekte Messung der Durchmesser schief stehender Stämme möglichst zu vermeiden suchen. Ist dies aber unumgänglich, so bedenke man, daß, wenn der Baum in der Visierrichtung dem Beschauer zugeneigt ist, sich ein zu großes, und wenn er abgeneigt ist, ein zu kleines Maß ergiebt, falls man mit einer bis an den Stamm reichenden horizontalen Basislinie operieren würde. Man hat in diesem Falle die wirkliche Entfernung des Durchmessers vom Instrumente, bezw. deren horizontale Projektion festzustellen, was am einfachsten mittels Absenkeln des Meßpunktes durch ein in freier Hand gehaltenes Senkel, oder auch durch Herabkippen eines horizontierten Fernrohres geschehen kann.

Steht der Baum dagegen in einer senkrecht zur Visierlinie befindlichen Ebene geneigt, so wird man, da die Ablesungsvorrichtungen an den Fernrohren horizontal liegen, nicht den richtigen Durchmesser FG, sondern die Linie FG'

abmessen. (Fig. 98.) Unter der Voraussetzung, daß die Begrenzungslinien des Stammes auf der kurzen Strecke parallel verlaufen, ist aber $FG = FG' \cos \gamma$, wenn wir mit γ den Neigungswinkel des Stammes bezeichnen. Einfacher noch läßt sich diese Fehlerquelle dadurch vermeiden, daß man, wie es z. B. bei dem Instrumente von Professor Wimmenauer möglich ist, die Okularröhre des Fernrohres dreht, bis die beiden Absehen einen senkrecht zur Stammachse liegenden Durchmesser einschließen.

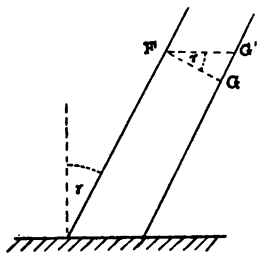


Fig. 98

5. Ungradlinige Begrenzung des Baumschaftes. Das Vorhandensein solcher Fehlerquellen läßt sich am leichtesten konstatieren bei den Instrumenten, welche als Visiervorrichtung nicht Spitzen, sondern Fäden (lange Teilstriche) verwenden, die als Vergleichslinien benutzt werden können. Hat das Fernrohr aber Spitzen im Gesichtsfelde, so kann man durch Auf- und Abbewegen desselben derartige Unebenheiten feststellen und damit auch vermeiden.

6. Es versteht sich von selbst, daß bei Messungen wie die der Durchmesser, bei denen es auf Bruchteile von Centimetern ankommt, nicht nur eine ganz genaue Aufstellung des Instrumentes und eine präcise Ablesung, sondern auch eine entsprechend sorgfältige Ermittelung der Basislinie und ebenso des Elevationswinkels α stattfinden muß.

7. Man vermeide die Messungen an windigen Tagen ganz.

8. Die Belanglosigkeit des Fehlers, welcher dadurch entsteht, daß die Visierlinien (ausgenommen beim Friedrichschen Instrument) den Durchmesser nicht rechtwinkelig tangieren, wurde bereits oben dargelegt.

Zweiter Abschnitt.

Die Methoden der Inhaltsermittelung stehender Bäume.

1. Kubierung nach den für liegende Stämme angewendeten Formeln. Sektionsweise Kubierung.

Wie bereits bemerkt, ist es angängig, sich zur Inhaltsermittelung des Schaftes stehender Bäume einer der im I. Teile besprochenen Formeln zu bedienen. Unter der Voraussetzung, daß man die notwendigen Durchmesser auch wirklich messen kann und mit hinreichend präcisen Instrumenten arbeitet, wird die erreichte Genauigkeit auch allen Anforderungen genügen, welche man billigerweise stellen darf. Ja, bei Anwendung der sektionsweisen Kubierung oder einer mit mehreren Durchmessern arbeitenden Formel muß man sicherlich die höchste, überhaupt bei einem einzelnen stehenden Baume erreichbare

Genauigkeit erlangen. Dagegen sollte die Benutzung der einfachen, nur einen Durchmesser verwendenden Formeln von Hoßfeld oder Huber, welche bestimmte gesetzmäßige Stammformen voraussetzen, als unzuverlässig ausgeschieden werden. Es kämen dann etwa in Frage die Formeln*)

$$v = \frac{h}{6}(g_0 + 4\gamma) \text{ Riecke,}$$

$$v = \frac{h}{3}\left[2\left(g_{\frac{1}{4}} + g_{\frac{3}{4}}\right) - \gamma\right] \text{ Simony,}$$

$$v = \frac{h}{8}\left[g_0 + 3\left(g_{\frac{1}{3}} + g_{\frac{2}{3}}\right)\right] \text{ Breymann,}$$

$$v = \frac{h}{8}\left[g_0 + 2\left(g_{\frac{1}{4}} + \gamma + g_{\frac{3}{4}}\right)\right] \text{ Schiffel}^{**})$$

und schließlich die Formeln der sektionsweisen Kubierung. Je mehr Durchmesser aber hierbei benötigt werden, desto sicherer wird der Fall eintreten, daß man den einen oder anderen nicht messen kann, weil er verdeckt ist oder an einer ungeeigneten, unregelmäßig geformten Stelle des Schaftes liegt. Außerdem läßt sich eine solche Aufnahme einigermaßen bequem nur dann ausführen, wenn man über ein Instrument verfügt, welches sich ohne weiteres auf jede beliebige Höhe (Sektionslänge) einstellen läßt. Ist man aber durch die Konstruktion des Instrumentes genötigt, für jeden einzelnen Durchmesser den Elevationswinkel der Visur nach der Formel

$$\text{tang } \alpha' = \frac{h' - m}{e}$$

*) Anmerkung. In den nachfolgenden Ausführungen werden, entsprechend den internationalen Vereinbarungen über die Formelschreibung für die Inhaltsberechnung stehender Bäume, die nachfolgenden Bezeichnungen in Anwendung gebracht werden:

h = Höhe (Länge)
d = Durchmesser
g = Querfläche
} in Meßpunktshöhe von 1,3 m

v = Inhalt (Unterscheidungen durch untere Indices, z. B. v_d = Derbgehalt, v_s = Schaft-, v_b = Baum-, v_a = Astholz-, v_r = Reißig-Gehalt

f = Formzahl (Brusthöhenformzahl), in gewissen Fällen F

f′ = absolute Formzahl

f″ = echte Formzahl

Derbholz-, Schaft-, und Baumformzahlen werden durch untere Indices z. B. f_d, f_s, f_b auseinandergehalten

γ' = Reduktionszahl für das unterhalb des Meßpunktes gelegene Schaftstück (bei Verwendung von f′ vorkommend.)

hf = Formhöhe; das Wort Richthöhe nur im Sinne Preßlers.

**) Z. f. d. g. F. 1898, S. 21.

erst ausrechnen zu müssen, so stellt das Verfahren eine Arbeit von abschreckender Umständlichkeit dar.

Aus allen diesen Gründen empfiehlt es sich viel mehr, einen Stamm zwar sektionsweise zu messen, aber mit wenigen, vier oder fünf, Sektionen von ungleicher Länge, deren Endpunkte man an den Stellen des Schaftes beliebig dort wählt, wo die Durchmesser deutlich sichtbar sind. Die Längen der Sektionen ergeben sich hierbei ohne weiteres als Differenzen der gleichzeitig mit gemessenen Höhen und das Einstellen des Instrumentes auf bestimmte Höhen wird nicht notwendig. Die einzelnen Sektionen sind dementsprechend nach der Smalianschen Formel

$$v = \frac{l}{2}(g_0 + g_n)$$

zu kubieren, das unterste Stück aber am besten aus der Mittenstärke, um dem Wurzelanlaufe aus dem Wege zu gehen, die Spitze dagegen als gerader Kegel aus der Grundfläche und Länge zu berechnen. In der Summe dieser Sektionen erhält man unter wesentlich geringerem Zeitaufwand als wie bei der gewöhnlichen sektionsweisen Kubierung, ein recht zuverlässiges Resultat. So ergab z. B. die Messung einer 28,6 m hohen Kiefer mittels des Wimmenauerschen Stärkemessers bei 4 Sektionen von 5—9 m Länge, 1,88 fm gegenüber 1,79 fm Ergebnis der Messung am gefällten Stamm in 2 m Sektionen übers Kreuz auf mm genau.

Erscheinen somit auch die Ergebnisse der genauen Kubierung stehender Bäume, sowohl was Zeitaufwand anlangt wie Genauigkeit, durchaus nicht unbefriedigend, so wird man dennoch im Walde meist vergeblich nach ihrer Anwendung Umschau halten. Die Gründe hierfür sind leicht ersichtlich. Vor allem fehlt es im weiteren Kreise am wirklichen Bedürfnis für eine derartig genaue Ermittelung des Inhalts stehender Einzelstämme. Handelt es sich um zu verkaufende Bäume, so ist vor der Fällung höchstens die Kenntnis gewisser Minimaldurchmesser in bestimmter Höhe erforderlich, den Inhalt bestimmt man viel bequemer und immer noch rechtzeitig genug nach der Fällung. Erfolgt die Messung dagegen zwecks Verwendung für Bestandsmassenaufnahmen, so wird die erzielte Genauigkeit von anderen, viel einfacheren Verfahren (Formzahlmethode, Massentafelverfahren u. s. w.) erreicht oder übertroffen. Es bleibt somit die Anwendung der sektionsweisen Kubierung fast ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke, Aufnahme von Probestämmen, welche nicht gefällt werden dürfen, Ermittelung des Zuwachses selten vorkommender fremder Holzarten und dergleichen, reserviert und hierfür wird sie mit der Zeit sicherlich eine noch weiter steigende Bedeutung erlangen. Unter allen Umständen aber stellt dies Verfahren einen sehr zeitraubenden Arbeitsaufwand dar, der fast

ins Ungemessene steigt, wenn man die Durchmesser verglichen messen will. Und dazu wird man bei Zuwachsuntersuchungen doch wohl meistens genötigt werden, ist es ja schon an dem viel sicherer zu messenden liegenden Stamme erforderlich. Häufig aber wird selbst der gute Wille an der Unmöglichkeit der Ausführung scheitern, die durch Terrainverhältnisse, Bestandsdichte und Unsichtbarkeit der Meßstellen verursacht sein kann.

2. Richthöhenmethode von M. R. Preßler.

Während es, wie wir gesehen haben, sehr schwer oder unmöglich ist, mit einfachen Hilfsmitteln das Maß eines oberen Durchmessers hinreichend genau anzugeben, ist es wesentlich leichter und nach einiger Übung schon nach dem Augenmaße ausführbar, die Stelle am Stamme zu bestimmen, wo der Durchmesser auf einen bestimmten Bruchteil des Brusthöhendurchmessers, etwa auf die Hälfte herabgesunken ist. Da die Lage eines solchen Punktes bei gegebenem Brusthöhendurchmesser abhängig sein wird von der besonderen Ausformung des Baumschaftes, d. h. bei vollformigen höher sein muß, als bei abholzigen, so ist es möglich, mit Hilfe derselben auch auf den Inhalt eines Schaftes zu schließen. Diesen Gedanken benutzte Professor Preßler bei seiner Richthöhenmethode*).

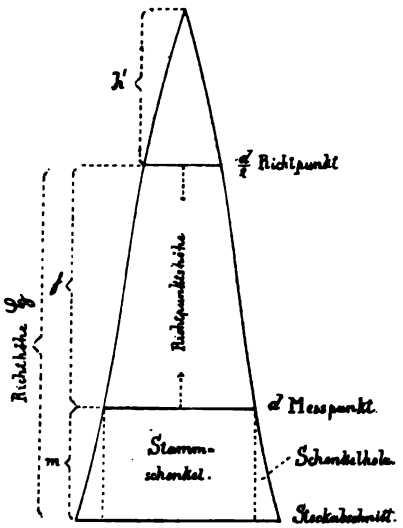


Fig. 99.

Zum Verständnis derselben ist die Kenntnis nachfolgender Bezeichnungen erforderlich: Mit d wird wie gewöhnlich die Grundstärke am Meßpunkt oberhalb des Wurzelanlaufes, d. h. gewöhnlich 1,3 m vom Boden und m Meter vom Stockabschnitt entfernt bezeichnet. Die Strecke m heißt die Meßpunktshöhe, der unterhalb des Meßpunktes gelegene Teil des Schaftes Stammschenkel, und derjenige Teil der Holzmasse desselben, welcher außerhalb des Cylinders gm liegt, das Schenkelholz.

Die Stelle am Schafte, wo der Durchmesser die Hälfte der Grundstärke beträgt, heißt der Richtpunkt (Preßlers Richtpunkt),

*) Siehe Th. f. J. 1855, 77. 1857, 172, sowie die späteren Schriften Preßlers, in Sonderheit: Gesetz der Stammbildung, Leipzig 1865, S. 83 ff.

seine Entfernung vom Meßpunkt ist die Richtpunktshöhe h und sein Abstand vom Stockabschnitt die Richthöhe H.*)

Unter Benutzung dieser Bezeichnungen ergiebt sich der Inhalt v' des oberhalb des Meßpunktes gelegenen Stammteiles

$$v_s' = \frac{2}{3} g h \quad \ldots \ldots \ldots \quad (I)$$

und der Inhalt v des ganzen Schaftes bis zum Abhiebspunkte

$$v_s = \frac{2}{3} g \left(H + \frac{m}{2}\right) \quad \ldots \ldots \quad (II).$$

Beweis (I): Wir hatten S. 15 gefunden als allgemeinen Ausdruck für den Inhalt von Rotationskörpern mit der Erzeugungskurve $y^2 = p x^r$ die Formel

$$v = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d_0^2 \, l.$$

Wenden wir diese Gleichung für das oberhalb des Meßpunktes gelegene Stammstück an, so wird hierin $d_0 = d$ und $l = h + h'$, wenn wir noch mit h' die Länge des oberhalb des Richtpunktes befindlichen Stammteiles bezeichnen. Die Formel ist also sinngemäß hier zu schreiben

$$v_s' = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d^2 \, (h + h').$$

Zur Entfernung von h' setzen wir auf Grund jener Kurvengleichung $y^2 = p x^r$

$$\left(\frac{\frac{d}{2}}{2}\right)^2 = p h'^r$$

und

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 = p \, (h + h')^r;$$

Durch Division beider erhält man

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \left(\frac{h'}{h + h'}\right)^r$$

oder

$$\frac{1^{\frac{2}{r}}}{2^{\frac{2}{r}}} = \frac{h'}{h + h'}$$

*) Anmerkung. Nach der internationalen Vereinbarung des J. V. d. V. St. soll das Wort Richthöhe ausschließlich im Sinne Preßlers als Punkt der halben Grundstärke gebraucht werden, und nicht im Sinne Königs für den Begriff Formhöhe, was hier nochmals hervorgehoben werden möge!

oder auch

$$\frac{h + h' - h'}{h + h'} = \frac{2^{\frac{s}{r}} - 1}{2^{\frac{s}{r}}};$$

daraus

$$(h + h') = h \frac{2^{\frac{s}{r}}}{2^{\frac{s}{r}} - 1};$$

Setzt man dies oben ein, so kommt

$$v'_s = \frac{1}{r+1} \frac{\pi}{4} d^2 h \frac{2^{\frac{s}{r}}}{2^{\frac{s}{r}} - 1}.$$

Wenn wir nun in diese Formel für r der Reihe nach beliebige Werte z. B. 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; und 3 einsetzen, so erhalten wir die genauen Inhalte

bei $r = 0{,}5$; $v = 0{,}711\ gh$
„ $r = 1$; $v = \frac{2}{3}\ gh$ Paraboloid
„ $r = 1{,}5$; $v = 0{,}659\ gh$
„ $r = 2$; $v = \frac{2}{3}\ gh$ Gerader Kegel
„ $r = 2{,}5$; $v = 0{,}671\ gh$
„ $r = 3$; $v = 0{,}675\ gh$ Neiloid.

Es ist somit die Preßlersche Richtpunktsformel $v'_s = \frac{2}{3} gh$ für Paraboloid und geraden Kegel (Vollkörper) genau und für alle anderen praktisch in Frage kommenden ähnlichen Körperformen mit einem verschwindend kleinen Fehler richtig und zwar ist der Fehler für die Körper, deren r zwischen 1 und 2 liegt, positiv, d. h. die Preßlersche Formel giebt in diesem Falle etwas zu viel an, für alle anderen dagegen negativ, wobei er für alle Werte für r von + 1 bis + ∞ in niedrigen Grenzen bleibt, dagegen um so beträchtlichere Größen erreicht, je mehr sich r dem Werte 0 nähert. Für $r = 0$, also für die Walzenform, ist die Anwendung der Formel überhaupt unmöglich, da dieser Körper einen Richtpunkt nicht haben kann*).

Beweis für (II). In Gleichung (I) ist der Inhalt des Stammschenkels unberücksichtigt gelassen. Ignorieren wir bei seiner Berechnung die Masse des Schenkelholzes, eines an sich unbedeutenden und im übrigen wertlosen Holzbetrages, so ist jener Inhalt gleich einem Cylinder von der Grund-

*) Vergl. hierzu Kunze, Holzmeßkunde 1873, S. 157.

fläche g und der Höhe m. Wir erhalten also den Inhalt des ganzen Schaftes in der Summe

$$v_s = \frac{2}{3} g h + g m.$$

Setzt man hierin für h die Differenz H — m, so ergiebt sich

$$v_s = \frac{2}{3} g H - \frac{2}{3} g m + \frac{3}{3} g m$$

oder

$$v_s = \frac{2}{3} g \left(H + \frac{m}{2} \right).$$

Den Ausdruck $\left(H + \frac{m}{2} \right)$ nannte Preßler korrigierte Richthöhe und berechnete zur bequemeren Anwendung eine Tafel, welche, mit Eingängen für d und die Richthöhe versehen, den Betrag $\frac{2}{3} g h$ bezw. $\frac{2}{3} g \left(H + \frac{m}{2} \right)$ direkt angiebt.*)

Wünscht man auch die Masse des Schenkelholzes mit zu berechnen, so kann man hierzu die von Preßler a. a. O. entwickelte Näherungsformel

$$v = \frac{2}{3} g \left(H + \frac{m}{2} + \frac{n \cdot m}{3} \right)$$

anwenden, in welcher $n = \frac{10}{d} \left(d_{\frac{m}{2}} - d \right)$ gesetzt ist. Einfacher aber wird es häufig sein, das unterhalb des Meßpunktes liegende Stück für sich in kurzen Sektionen zu kubieren. In den meisten Fällen wird dies aber überhaupt überflüssig erscheinen, denn für die Zwecke, für welche die ganze Richtpunktsmethode an sich empfohlen werden kann, also gelegentliche Kubierung einzelner stehender Stämme, ist eine so peinliche Genauigkeit kaum erforderlich, und außerdem giebt die Formel, wie wir oben gesehen haben, für die zwischen paraboloischem und geradseitigem Kegel liegenden Vollformigkeitsstufen ohnehin etwas zu viel Inhalt an. Derartige Stammformen sind aber die in der Mehrzahl vorherrschenden, so daß sich also auch meistens der in der Weglassung des Schenkelholzes begangene Fehler von allein ausgleichen wird.

Beispiel. An dem S. 44 erwähnten Stamme findet sich der Richtpunkt bei 21,60 m, g am Meßpunkte bei 1,3 m war = 0,1392 qm, die Stockhöhe betrug 15 cm, somit m = 1,3 — 0,15 m = 1,15 m. Es ist somit

$$v_s = \frac{2}{3} \cdot 0{,}1392 \left(21{,}60 + \frac{1{,}15}{2} \right) = 0{,}0928 \cdot 22{,}175 = 2{,}0578 \text{ fm}.$$

*) Preßler. Neue Holzwirtschaftliche Tafeln, Dresden 1857, S. 63 oder Forstliche Kubierungstafeln von Preßler-Neumeister, Wien 1898.

Derselbe Stamm enthält aber einschließlich der Spitze nach der sektionsweisen Vermessung ein $v = 1{,}905$ fm, so daß in diesem Falle die Richtpunktsmethode den relativ großen Fehler von $+ 8\,\%$ ergeben würde.

Angaben über die Genauigkeit am gefällten Stamme liegen in größerer Zahl vor. Wir erwähnen z. B. folgende

Autor	Untersuchte Stammzahl	u. Holzart	Durchschnittliche Fehler in Prozenten	Fehlergrenzen −	Fehlergrenzen +	Publiziert
Preßler	80	Fi	− 0,89	8,0	8,7	Th. f. J. 1862, S. 190
Judeich	27	Fi	− 0,22	6,5	4,1	A. F. u. J.-Z. 1861, S. 117
Seidenstücker	25	Fi	+ 2,51	19,4	5,2	A. F. u. J.-Z. 1860, S. 106
Judeich	5	Ki	+ 1,52	0,5	4,5	A. F. u. J.-Z. 1861, S. 117
Kunze	17	Ki	+ 0,86	7,6	7,1	Lehrbuch S. 141.
Baur	22	Ki 1 Fi	+ 4,47	11,0	16,4	A. F. u. J.-Z. 1859, S. 209
Micklitz	15	Fi u. Ta	− 1,45	5,4	1,2	A. F. u. J.-Z. 1860, S. 108
v. Seebach	37	Bu	+ 1,71	7,6	17	Suppl. d. A. F. u. J.-Z. III, S. 7.
Täger	14	Bu	− 0,87	6,7	5,2	A. F. u. J.-Z. 1864, S. 181.

Es geht aus dieser Zahlenübersicht mit Sicherheit hervor, daß die Preßlersche Formel auch am liegenden Stamme dieselbe, wenn nicht eine höhere Genauigkeit bietet, als die einfacheren früher erwähnten anderen Formeln und daß sie in Sonderheit auch mit der Mittenflächenformel konkurrieren kann.

Gleich dieser ist sie aus leicht zu erhebenden Elementen zusammengesetzt und gestattet in Sonderheit auch die Anwendung ebenso einfacher Kubierungstafeln. Sie leidet aber für die Kubierung liegender Stämme an dem Nachteile, daß sie auf entgipfelte Stämme überhaupt nicht anwendbar ist und daß bei Laubhölzern der Stamm sich oft bereits unterhalb des Richtpunktes verzweigt, so daß seine Lage nur unsicher eingeschätzt werden muß.

Die Preßlersche Richtpunktsmethode ist aber auch gar nicht für die Kubierung gefällter Hölzer bestimmt, das eigentliche Gebiet ihrer Anwendung ist die Inhaltsermittelung stehender Stämme, und hierin dürfte sie entgegen manchen anderen Behauptungen einen verhältnismäßig sehr hohen Grad von Genauigkeit aufweisen.

Um also mit ihrer Hilfe einen stehenden Baumschaft zu kubieren, hat man nur oberhalb des Wurzelanlaufes, in der Regel sonach bei 1,3 m, den Durchmesser d zu messen, dann den Punkt am Stamme aufzusuchen, bei welchem der Durchmesser $\frac{d}{2}$ beträgt und die Höhe dieses Richtpunktes mit einem Höhenmesser zu bestimmen.

Es handelt sich also im wesentlichen um die richtige Ermittelung des

Richtpunktes, wobei zu bedenken ist, daß die dabei begangenen Fehler immer nur als Längenfehler, d. h. relativ gering, das Resultat beeinflussen. Am einfachsten läßt sich jener mit dem Dendrometer von Sanlaville, oder einem analog eingerichteten Instrumente (d. h. einem solchen, welches eine Vorrichtung zum Messen der Durchmesser, aber an vertikaler Skala verschiebbar besitzt) ausführen. Bei diesem hat man nur nach entsprechender Vertikalstellung des Instrumentes unter beliebigem Auszug der Distanzskala die Grundstärke zwischen die beiden Backen des Stärkemaßstabes zu fassen, den Durchmesser (welcher nicht gleich dem wirklichen d zu sein braucht) abzulesen und den Stärkemaßstab von neuem auf die Hälfte dieser Stärke einzustellen. Wird dann letzterer so lange am Vertikalstab verschoben, bis die beiden Backen den Stamm wieder genau einschließen, so kann man die Richthöhe ohne weiteres an der Höhenskala ablesen. Auch der Baumstärkenmesser mit Parallelverschiebung von Friedrich gestattet ohne Rechnung die Ermittelung der Richthöhe. Alle anderen Stärkemesser dagegen, bei welchen sich der Durchmessermaßstab nicht an einer Vertikalskala verschiebt, sondern in konstanter Entfernung vom Auge beharrt, verlangen eine Korrektur der Einstellung auf die halbe Stärke und zwar eine Verminderung im Verhältnis der Längen der Visierlinien nach dem Richtpunkte und der Grundstärke.

Würde nämlich die von A nach dem Meßpunkte M (Fig. 100) gerichtete Visur den $\sphericalangle\ a_2$ mit der Horizontalen AD bilden und hätte man hierbei den Durchmesser d zwischen die Spitzen eines Stärkemessers (Diopterinstrument) gefaßt, so würde man, sobald man, ohne die Spitzen zu verschieben, das Instrument nach D richtete, hier wegen der geringeren Entfernung (AD < AM) nur die Größe $\frac{d}{\sec a_2}$ einschließen. Richtet man dann unter derselben Bedingung das Instrument unter dem Winkel a_1 auf den Punkt R, so würde die bei R von den Visierstrahlen eingeschlossene Strecke wieder etwas größer werden, nämlich gleich $\frac{d}{\sec a_2} \cdot \sec a_1$. Wünscht man nun bei R nur die Strecke $\frac{d}{2}$ zwischen die Spitzen zu fassen, so muß man offenbar die Einstellung des Stärkemessers nicht nur im Verhältnis 1 : 2 reduzieren, sondern im Verhältnis

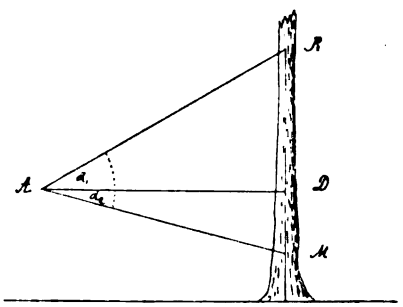


Fig. 100.

$$\frac{1\,d}{2\,d\,\frac{\sec a_1}{\sec a_2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sec a_2}{\sec a_1}.$$

Diese Reduktion verlangt also zur Bestimmung des Richtpunktes R vorher Kenntnis des Elevationswinkels α_1, ein innerer Widerspruch, der sich praktisch aber dadurch lösen läßt, daß man die Lage des Richtpunktes nach dem Augenmaß einschätzt, hiernach α_1 provisorisch ermittelt und zusieht, ob man mit der hiernach berechneten Korrektur der Stärkemessereinstellung den angenommenen Punkt von neuem als Richtpunkt erhält. Stimmt dies nicht genügend, so muß das Verfahren bis zum Erfolge wiederholt werden.

Derartige Ermittelungen sind aber ziemlich umständlich, auch wegen der geringen Verschiebungen am Instrument, um die es sich handelt, nie recht genau. Es hat deswegen Preßler zur leichteren Bestimmung des Richtpunktes ein einfaches Instrument, das Richtrohr, empfohlen. Es ist dies ein einfaches Visierrohr aus fester Pappe mit drei Auszügen und zwei gegenüberstehenden Stiften am Objektivende desselben, die sich einander nähern lassen und einen Baumdurchmesser scharf einzufassen erlauben.

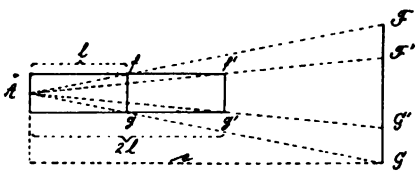


Fig. 101.

Würde man mit diesem Apparate einen, dem Punkte A horizontal gegenüber befindlichen Durchmesser FG anvisieren (Fig. 101), wobei die Spitzen der Visierstifte die Lagen f und g einnehmen, und dann dem Rohre unter Benutzung der Auszüge die doppelte Länge $2l$ geben, so daß die Stifte in die Lagen f' und g' kämen, so würden sie nun am Ziel $F'G' = \frac{FG}{2}$ einfassen. Denn es ist

$$\frac{l}{e} = \frac{fg}{FG} \quad \text{und} \quad \frac{2l}{e} = \frac{f'g'}{F'G'};$$

da nun $fg = f'g'$, so gilt

$$\frac{l \cdot FG}{e} = \frac{2l \cdot F'G'}{e}$$

oder

$$F'G' = \frac{FG}{2}.$$

Wollte man nun aber bei der zweiten Visur einen höher oder tiefer gelegenen Punkt anvisieren, so müßte offenbar, wie oben auseinandergesetzt, eine Korrektur um den Betrag der Sekante des Elevationswinkels α_1 erfolgen, d. h. man müßte das Rohr nicht nur auf die doppelte Länge, sondern auf $2l \sec \alpha_1$ ausziehen, und ebenso müßte man zur ersten Visur, wenn der anvisierte Durchmesser nicht wie oben angenommen horizontal, sondern unter dem $\measuredangle \alpha_2$ gegen die Horizontale geneigt ist, das Rohr auf die Länge $l \sec \alpha_2$

verlängern. Zur bequemen Ausführung dieser Operationen sind die Auszüge des Rohres mit einer Sekantenteilung versehen. Die Beträge der Sekanten selbst lassen sich am Meßknecht, der bei Benutzung des Richtrohres den geeignetsten Höhenmesser darstellt, direkt ablesen. Auf dem Rohre selbst, welches durch den Buchhandel zu beziehen ist*), ist eine specielle Gebrauchsanweisung aufgedruckt, weswegen hier darauf verzichtet wird, dieselbe wieder zu geben.**)

Übrigens erlangt man bei einiger Übung ziemlich rasch eine beträchtliche Sicherheit im bloßen Einschätzen des Richtpunktes. Am sichersten wird der Anfänger schätzen, wenn er sich zunächst die Stammpartie aussucht, in welcher der Richtpunkt wahrscheinlich liegt, die sogenannte Richtpunktszone, und dann die Mitte derselben bestimmt. Legt man dann noch 1 bis 1,5 m nach oben zu, so wird man den Richtpunkt in der Regel mit ziemlicher Sicherheit treffen. Er liegt meistens höher, als man anfänglich vermutet. Übrigens wolle man nicht übersehen, daß, wie bemerkt, ein Irrtum über seine Lage nur als Längenfehler einwirkt und beispielsweise bei einer Richthöhe von 20 m ein Schwanken zwischen 19 und 21 m höchstens einen Fehler von $\pm 5\%$ in der Masse bewirken kann.

Genauigkeit des Verfahrens. Die Resultate am liegenden Stamme ließen darauf schließen, daß man auch für den stehenden sehr befriedigende Ergebnisse verzeichnen könnte. In der That hat sich auch ergeben, daß überall dort, wo man den Richtpunkt sicher ermitteln konnte, einzelne Stämme sich mit einem hohen Grade von Genauigkeit kubieren lassen. So erhielten z. B.

Autor	Holzart	Fehler in Prozenten Durchschnitt	Grenzen		Publiziert
Preßler	—	+ 0,86	—	—	Th. f. J. 12. Bd., S. 197.
Judeich	22 Fi	— 1,08	— 12,2	+ 7,8	A. F. u. J. Z. 1861, S. 117.
Schaal	250 Rdhlz	— 0,28	— 16,8	+ 8,6	A. F. u. J. Z. S. 141.
„	50 Lbhlz	+ 1,25	— 14,5	+ 7,2	Suppl. V

Kritik. Es kann nicht geleugnet werden, daß die Anwendung der Methode in einzelnen Fällen ausgeschlossen ist, nämlich dann, wenn der Richtpunkt durch Äste und Laubwerk verdeckt ist, oder wenn sich der Baum vorher gabelt. Die für letzteren Fall von Preßler angegebenen Rechnungsvorschriften***) erscheinen nicht recht zweckmäßig. Im übrigen aber ist das Verfahren einfach, rasch und zuverlässig und die ganz absprechenden Urteile, wie z. B. das von Prof. Baur in dessen Lehrbuch der Holzmeßkunde, machen

*) Verlag von Moritz Perles, Wien.

**) Specielles siehe Preßler, Gesetz der Stammbildung. Leipzig, 1865, S. 143.

***) A. a. O. I. Bd., S. 58.

zum Teil den Eindruck eines Kampfes gegen Windmühlen, wenn sie die Methode als ungeeignet für liegende Kubaturen und Bestandsmassenermittelungen verwerfen, denn beide Anwendungen sind nicht ihr eigentlicher Zweck. Angewendet aber auf stehende Bäume hat die Methode vor anderen, z. B. vor der nachher zu beschreibenden Formzahlmethode, den großen Vorzug, daß nicht nach Durchschnittszahlen kubiert, sondern daß sowohl Grundstärke wie Richthöhe genau gemessen werden und daß hierbei implicite auch der besonderen, individuellen Form des Schaftes Rechnung getragen wird, was keine andere einfache Formel, auch nicht die von Baur so sehr empfohlene Hoßfeldsche thut. Die Ermittelung aber der Richthöhe erfolgt nach einiger Übung rasch und sicher.

Anmerkung 1. Schon Preßler wies (A. F. u. J. Z. Suppl. II, S. 94) auf den Zusammenhang zwischen Richthöhe und Formzahl hin. Judeich berechnete (A. F. u. J. Z. 1861, S. 120) ein Täfelchen, welches aus der in Prozenten der Scheitelhöhe angegebenen Richthöhe die zugehörige Formzahl sofort abzulesen gestattet. Es entspricht z. B. hiernach einem Richtpunkt bei 0,50 0,55 0,60 0,65 0,70 0,75 0,80 der Höhe
ein Formzahl von 0,369 0,401 0,432 0,464 0,495 0,526 0,558.

Ebenso kann man aus der Lage des Richtpunktes genauer als durch Schätzung auf obere Durchmesser schließen. Vergl. Gesetz der Stammbildung S. 98.

Anmerkung 2. Der Umstand, daß der Preßlersche Richtpunkt 0,5 d öfters durch Äste verdeckt ist oder in den gegabelten Teil der Stämme fällt, veranlaßte Prof. Wimmenauer in voller Würdigung des dem Preßlerschen Verfahren zu Grunde liegenden sehr richtigen Prinzipes, als Richtpunkt die Stelle des Schaftes zu wählen, deren Durchmesser 0,7 der Grundstärke beträgt*). (Wimmenauers Richtpunkt, A. F. u. J. Z. 1890, S. 130 u. 268.) Er erhält dann für den Schaftinhalt, wenn wir diese Richthöhe mit H' bezeichnen

$$v_w = g H' = \text{Produkt der Grundfläche mal dieser Richthöhe}$$

und zwar für den paraboloischen Kegel fast genau, für den gem. Kegel mit — 10% und beim Neiloid mit — 15% Fehler vom richtigen Stamminhalt. Diese Fehler gleichen sich aber theoretisch bis auf durchschnittlich 2% aus, sobald man bei Bestimmung des Richtpunktes den Auszug des benutzten Richtrohres in bestimmter, hier nicht zu erläuternder Weise modifiziert d. h. verlängert und so für letztere Körper ein größeres H' erhält.

Wenn nicht die große Umständlichkeit in der Bestimmung des von h, e und dem Neigungswinkel der Visur nach dem Meßpunkte abhängigen Richtrohrauszugs bestände, könnte das Verfahren einer weiteren Anwendung wert sein, denn es ist

1. der Richtpunkt 0,7 d stets sichtbar,
2. die Auffindung der Richthöhe ohne Probieren möglich,
3. die Berechnung nach g H' die denkbar einfachste und
4. das Ergebnis ein durchaus befriedigendes, und z. B. nach den Versuchen von Prof. Wimmenauer (a. a. O.) bei Kiefer günstiger als die Resultate der Preßlerschen und der Formzahl-Methode, während allerdings bei Buchen die Preßlersche Formel, namentlich in den abholzigen Formen, größere Genauigkeit für sich hatte.

*) Das ist dieselbe Stelle, deren Abstand vom Boden FA. Lehnpfuhl Z. f. F. u. J. 1885, 649 als Formhöhe bezeichnet. Vergl. hierzu auch v. Gyldenfeld, Z. f. F. u. J. 1880, 426.

Anmerkung 3. Auf ähnlichen Pfaden bewegte sich FA. Lehnpfuhl (Z. f. F. u. J. 1885, S. 649), wenn er die Schaftkubierungsformel (in unserer Schreibweise) vorschlug

$$v = \frac{g}{10}\left(8\,\mathfrak{H}_{\text{bei } 0{,}7\,d} + h\right)$$

worin $\mathfrak{H}$ diejenige Höhe vom Boden ist, bei welcher der Stamm 0,7 des Brusthöhendurchmessers d besitzt. Dieselbe giebt theoretisch den Inhalt von Paraboloid und geradem Kegel mit einem Fehler von ungefähr + 2% an, und gewährleistet auch in der Praxis Resultate, die innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen liegen.

Anmerkung 4. Eine andere Modifikation der Preßlerschen Richtpunktsformel schlug Bieber V. d. Forstw. v. M. u. Schl. 1870, S. 1 vor, indem er den Meßpunkt bei 1,581 m annahm und dann eine Formel

$$v = \frac{2}{3}\,g\left(\mathfrak{H} + \frac{7}{10}\,1{,}581\right)$$

anwendete. Er erhielt mit dieser an 150 Tannen nur + 0,05% durchschnittlichen Fehler.

3. Inhaltsermittelung nach Formzahlen.

A. Begriff der Formzahl.

Unter Formzahl versteht man eine Reduktionszahl, welche das Verhältnis des wirklichen Inhaltes eines Stammes zum Inhalte einer Walze von gleicher Grundfläche und Höhe angiebt.

Es ist sonach die Formzahl, für welche man das Zeichen f gewählt hat,

$$f = \frac{v}{w} = \frac{\text{Stamminhalt}}{\text{Walzeninhalt}}.$$

Hieraus ergiebt sich

$$v = w \cdot f = g \cdot h \cdot f;$$

in Worten: der Inhalt eines Stammes ist gleich dem Produkte aus Stammgrundfläche · Scheitelhöhe · Formzahl.*)

In derselben Weise, wie beim Schafte, kann man aber auch das Verhältnis des ganzen Bauminhaltes, oder des Derbholzes, des Reisigs, des Astholzes u. s. w. zum Inhalte dieses Idealcylinders ausdrücken. Man erhält so neben der Schaftformzahl (f_s), die Baumformzahl (f_b), die Derbformzahl (f_d), die Reisigformzahl (f_r), die Astformzahl (f_a). Kennt man also von irgend einem Baume diese Reduktionszahlen, so kann man mit ihrer Hilfe aus der Stammgrundfläche g und der Scheitelhöhe h sofort den Inhalt auch des ganzen Baumes, des Derbholzes u. s. w. ohne weiteres berechnen.

*) Anmerkung. Wenn auch das eigentliche Anwendungsgebiet der Formzahlen nicht in der Kubierung **einzelner** Stämme, sondern vielmehr in der Festgehaltsberechnung ganzer Bestände zu suchen ist, so rechtfertigt doch das Eigentümliche des Begriffes die Abhandlung an dieser Stelle.

Es erhellt, daß die Differenz zwischen Baum- und Schaftformzahl die Astformzahl ergeben ($f_b - f_s = f_a$) und daß analog Baumformzahl minus Derbformzahl gleich der Reisigformzahl sein muß ($f_b - f_d = f_r$), wodurch praktisch sich nur die besondere Berechnung von f_b, f_s und f_d erforderlich macht. Überdies bestimmt man auch meistens Ast- und Reisiggehalt auf Grund erfahrungsmäßiger Prozentsätze vom Inhalte des ganzen Baumes. Für Stock- und Wurzelholz berechnet man ebenso keine Formzahlen, sondern ermittelt diese Holzbeträge gleichfalls nach Erfahrungsziffern im Verhältnis zur oberirdischen Holzmasse. Der eigentliche Begriff des Wortes Formzahl würde auch bei diesen Sortimenten gar nicht entsprechen. Derselbe trifft streng genommen überhaupt nur auf den Schaft angewendet zu, dessen Vollformigkeitsgrad er in prägnanter Weise zum Ausdrucke bringt, während er auf andere Teile des Baumes oder den ganzen Baum bezogen uns in keiner Weise über deren Formen aufklärt, sondern lediglich eine Reduktionszahl für den Holzgehalt darstellt. Man hat daher verschiedentlich vorgeschlagen, den Ausdruck Formzahl ganz fallen zu lassen und durch „Inhaltsfaktor" oder „Reduktionszahl" zu ersetzen. Indessen ist der Begriff seit Jahrzehnten fest eingebürgert und ohne Not sollte man doch ein gutes, kurzes, deutsches Wort nicht durch ein Fremdwort verdrängen.

Anmerkung. Historisches. Als Begründer der Formzahltheorie gilt der Fürstl. Lippesche Oberförster Joh. Christ. Paulsen (1748—1825), der in einer als Manuskript im Jahre 1800 veröffentlichten Abhandlung „Über die richtigste Art der Berechnung des Zuwachses an ganzen Holzbeständen" (gedruckt in Hundeshagen-Klauprechts Beiträgen zur Forstwissenschaft 1845 III. 2. S. 87) zum ersten Male die Inhaltsberechnung mittels einer Reduktionszahl, und zwar diese bezogen auf einen Cylinder, lehrte. Ohne hierauf Bezug zu nehmen, trägt dann Wilh. Hoßfeld 1812 in seiner „Niederen und höheren praktischen Stereometrie" S. 175 das gleiche Verfahren vor, wendet wie Paulsen seine „Reduktionszahl" nur auf den Schaft an, geht jedoch insofern weiter, als er für alle besonderen Stammformen eine entsprechende Berechnung der Reduktionszahl fordert, während sich Paulsen mit den drei Faktoren 0,75; 0,66 und 0,50 je nach der Kronenlänge begnügt hatte. Auch Gottl. König stellte schon 1813 Baum- und Schaftformzahlen auf, indem er 5 Vollholzigkeitsklassen unterschied. („Holztaxationstafeln" und „Anleitung zur Holztaxation.") Nächst diesen war es H. v. Cotta, der 1820 in seiner „Anweisung zur Forsteinrichtung" (§ 66) und in seinen 1821 erschienenen „Hilfstafeln für Forstwirte" Formzahlen verwenden wollte. Er bezog diese jedoch nicht auf einen Cylinder, sondern auf den geradseitigen Kegel, ein Vorgang, dem 1871 noch Alfr. Püschel in seiner „Baummessung" (Leipzig, Brockhaus) folgen zu sollen glaubte. Besondere Verdienste um die Weiterentwickelung muß man Smalian („Beiträge zur Holzmeßkunst") zuschreiben. Der Ausdruck „Formzahl" findet sich dabei zuerst angewendet von König. Neben den Genannten waren es von den älteren Forstwirten namentlich Hundeshagen, Klauprecht, Preßler, Burckhardt, Breymann, welche die Lehre von den Formzahlen in Theorie oder Praxis weiter ausbauten, während die königl. bayrische Forstverwaltnng in ihren 1846 erschienenen „Massentafeln zur Bestimmung des Inhaltes der vorzüglichsten teutschen Waldbäume" das erste Beispiel einer auf breitester Basis ruhenden Formzahlerhebung gab.

Wie sich die Lehre von den Formzahlen in der neueren Zeit weiter entwickelt hat und

welche Männer hieran besondere Verdienste erworben haben, wolle man aus den in nachfolgenden Erörterungen genannten Namen ersehen. Nur das sei noch bemerkt, daß der Verein deutscher forstlicher Versuchsstationen die Erhebung von Formzahlen im größten Umfange zu einer seiner Hauptaufgaben gemacht hat.

B. Theorie der Formzahl, Formzahlarten.

Sucht man nach einem mathematischen Ausdrucke für den Begriff Formzahl, um an ihm die verschiedenen möglichen Arten derselben zu exemplifizieren, so kann man ihn in folgender Entwickelung finden.*)

Wir hatten S. 16 für den Inhalt von Rotationskörpern mit der Erzeugungskurve $y^2 = px^r$ und zwar von Vollkörpern, gemessen bei einem beliebigen Durchmesser d_a im Abstand a von der Grundfläche, die allgemeine Gleichung gefunden

$$v = \frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4} d_a^2 \left(\frac{l}{l-a}\right)^r l.$$

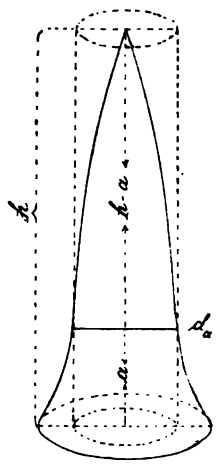


Fig. 102.

Vergleichen wir mit diesem Inhalte einen Cylinder von demselben Durchmesser d_a und derselben Höhe l, so erhalten wir, wenn wir gleichzeitig noch für l das Zeichen h wählen, die Formzahl

$$f = \frac{\frac{1}{r+1}\frac{\pi}{4} d_a^2 \left(\frac{h}{h-a}\right)^r h}{\frac{\pi}{4} d_a^2 h};$$

$$f = \frac{1}{r+1}\left(\frac{h}{h-a}\right)^r \quad \ldots\ldots \text{ Allgemeine Gleichung der Formzahl.}$$

Es ergiebt sich hieraus, daß bezüglich der Größe der Formzahl in der Theorie der Durchmesser gar keine Rolle spielt, daß jene vielmehr ausschließlich abhängig erscheint von der speciellen Form (Erzeugungskurve), der Höhe und von der Lage des Meßpunktes des betreffenden Körpers.

Haben wir also im konkreten Falle einen Baum vor uns, dessen Form und Höhe unabänderlich gegeben ist, so werden wir ganz verschiedene Werte für die Formzahl erhalten, je nachdem wir die Größe a, das heißt also den Meßpunkt am Baume wählen. Denn mit der Verlegung des Meßpunktes erhalten wir zwar stets denselben Inhalt für den gerade vorliegenden Körper, aber immer (ausgenommen bei der Walze) einen anderen Betrag für den

*) Vergl. hierzu auch Simony, Analytische Untersuchungen über den Zusammenhang geometrisch bestimmbarer Stammformen mit ihren Formzahlen. Z. f. d. g. F. 1877, Heft 5 und folgende.

Durchmesser d_a, welchen wir dem Vergleichungscylinder zu Grunde zu legen haben, d. h. es ändert sich in dem Bruche $\frac{v}{w}$ mit dem Wechsel von a nur der Nenner. Untersuchen wir in derselben Weise eine längere Reihe von verschieden geformten Körpern, so werden wir mit dem Wechsel von a zu bestimmten Zahlenreihen für f gelangen, welche, untereinander abweichend, doch bestimmten Gesetzen gehorchen und ausgesprochene Eigenschaften besitzen.

Hiernach hat man Veranlassung, die folgenden Formzahlarten zu unterscheiden.

Formzahlarten.

1. Die absoluten Formzahlen (f').

Wählt man, was nahe liegt, zunächst $a = o$, d. h. mißt man von einem Baume die Stammgrundfläche g_o am unteren Ende, so geht die Gleichung der Formzahl über in

$$f' = \frac{1}{r+1}.$$

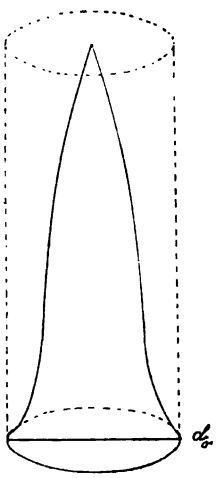


Fig. 103.
Absolute Formzahl.

Derartige Formzahlen sind also einzig und allein von r, d. h. der Form des Körpers, nicht aber von seiner Höhe oder dem Durchmesser abhängig. Sie verdienen die Bezeichnung „Form"zahl in erster Linie, man hat daher für sie die Benennung „absolute Formzahl" gewählt. Man könnte sie aber ebenso bezeichnend auch Grundflächenformzahl nennen und würde dann einen analogen Ausdruck zu der nachher noch zu erwähnenden Brusthöhenformzahl erhalten.

In der Praxis lassen sich jedoch derartige auf die wirkliche Stammgrundfläche am Abhiebspunkte bezogene Formzahlen nicht verwenden, weil diese Grundfläche, selbst bei im übrigen ganz regelmäßig geformten Stämmen, wegen des Wurzelanlaufes große Unregelmäßigkeiten aufweist. Will man aber dennoch solche absolute, auf die unterste Querfläche bezogene Formzahlen anwenden, so kann man sich dem fehlerbringenden Einflusse des Wurzelanlaufes in zweierlei Weise entziehen.

a) Man berechnet sich mit Hilfe des für die regelmäßig geformten Stammpartien geltenden oder angenommenen Bildungsgesetzes $y^2 = px^r$ aus einem oberhalb des Wurzelanlaufes belegenen Durchmesser einen ideellen Durchmesser am Abhiebspunkte und benutzt diesen als Durchmesser des Vergleichscylinders. Ein solches Verfahren wäre jedoch, wegen der umständlichen Ermittelung des Formkoeffizienten r, sehr zeitraubend. Es machte daher Professor Speidel den Vorschlag, diesen ideellen Durchmesser für alle Stammformen gleichmäßig

mit Hilfe der Parabelgleichung $y^2 = px$ aus dem bei 1,3 m gemessenen Brusthöhendurchmesser ein für allemal zu berechnen. Die so gewonnenen Formzahlen benannte er Bodenhöhenformzahl.

b) Man wendet nach dem Vorgange von Riniker das Formzahlverfahren überhaupt nur auf den regelmäßig geformten, oberen Teil des Schaftes an und ermittelt den Inhalt der unteren Partie, des Stammschenkels, besonders, was auf beliebige Weise, allenfalls auch mit Hilfe einer besonderen Formzahl für diesen Stammschenkel geschehen kann. Derartig berechnete Formzahlen heißen Rinikers absolute Formzahlen, auch absolute Formzahlen kurzweg und werden mit dem Buchstaben f′ bezeichnet. Wählt man zur Berechnung des Stammschenkels ebenfalls eine besondere Formzahl, so erhält diese das Zeichen ψ.

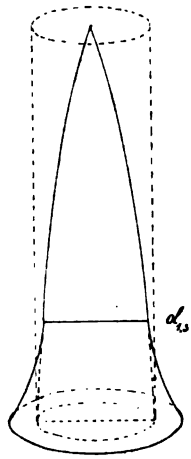


Fig. 104. Speidels Bodenhöhenformzahl.

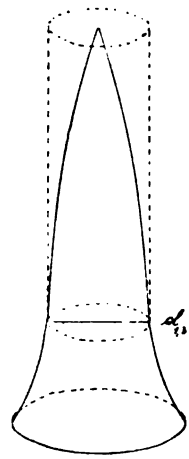


Fig. 105. Rinikers absolute Formzahl.

2. Die unechten oder Brusthöhenformzahlen (f).

Eine andere Möglichkeit für die Wahl von a ist, dem Abstande des Meßpunktes von der Grundfläche einen konstanten Wert beizulegen, wobei man natürlich die Größe a so wählen wird, daß der Meßpunkt nicht mehr in den Wurzelanlauf hineinfällt. Nimmt man hierzu beispielsweise die Brusthöhe, 1,3 m vom Boden, und benutzt man den dort gefundenen Baumdurchmesser als Durchmesser der Idealwalze für die Bestimmung der Formzahl, so erhält man die Brusthöhenformzahl, die man mit f bezeichnet. Der mathematische Ausdruck für diese würde dann lauten

$$f = \frac{1}{r+1}\left(\frac{h}{h-1{,}3}\right)^r.$$

Er behält also seine ursprüngliche Form, aus der hervorgeht, daß diese Formzahlart nicht allein von dem Formkoeffizienten r, sondern auch von der Höhe des Schaftes abhängig ist. Es kann somit eine solche Formzahl die eigentliche Form des Stammes nicht rein zum Ausdrucke bringen, man wird vielmehr für gleich-

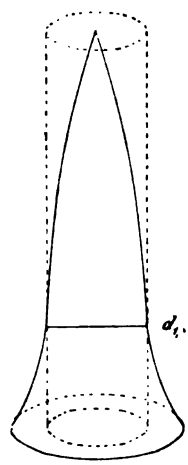


Fig. 106. Brusthöhenformzahl.

geformte Körper, z. B. zwei Paraboloide, aber von verschiedener Höhe auch zwei verschiedene Formzahlen erhalten müssen. Das ist ein innerer Widerspruch, welcher dazu führte, diese Art mit dem Namen unechte Formzahl zu belegen. Sie sind nicht mehr eigentliche Formzahlen, sondern bloße Reduktionszahlen für die Berechnung des Stamminhaltes aus dem Cylinderinhalt. Weil sie aber zu diesem Zwecke besonders bequem anzuwenden waren, hat man sie, trotz dieser mehr theoretischen Beanstandungen, auch im großen Umfange berechnet und verwendet sie z. Z. in der Praxis fast ausschließlich.

3. Die echten oder Normalformzahlen (f″).

Die erwähnten Mängel der Brusthöhenformzahlen wurden schon frühzeitig erkannt und es hatte bereits Smalian den Vorschlag gemacht, sie durch andere Formzahlen zu ersetzen, indem man den Durchmesser der Idealwalze am Baume nicht in konstanter Entfernung vom Boden, sondern je nach der Höhe der Bäume in wechselnder Entfernung, aber immer bei demselben aliquoten Teile der Höhe $\left(a = \frac{h}{n}\right)$, suchte. Dann würde die Gleichung der Formzahl übergehen in den Ausdruck

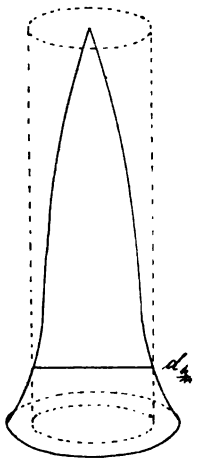


Fig. 107.
Echte Formzahl.

$$f'' = \frac{1}{r+1}\left(\frac{h}{h-\frac{h}{n}}\right)^r = \frac{1}{r+1}\left(\frac{n}{n-1}\right)^r.$$

Eine solche Formzahl wird also abhängen zunächst vom Formexponenten r und sodann von der Wahl des n, die Höhe h hat keinen Einfluß mehr. Nimmt man für n aber immer denselben aliquoten Teil von h, etwa $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$, so zeigt sich, daß auch diese Formzahlart die Form bezw. Vollformigkeit des betreffenden Körpers rein zum Ausdrucke bringen muß. Preßler, welcher sich viel mit ihnen beschäftigte, nannte sie deswegen echte oder Normal-Formzahlen. Sie werden mit dem Zeichen f″ ausgedrückt.

C. Die Formzahlarten im einzelnen.

a) Die Brusthöhenformzahl (f).

Bei der speciellen Besprechung der einzelnen Formzahlarten möge mit den Brusthöhenformzahlen begonnen werden. Dieselben sind nicht nur die am meisten und z. Z. beinahe ausschließlich angewendeten, sondern sie zeigen auch eine Reihe besonderer Eigentümlichkeiten, an denen die Eigenschaften der übrigen sich klar erkennen lassen.

a) Die bisherigen Erhebungen, Formzahltafeln.

Um zunächst die Formzahl zu berechnen, hat man den Baum (Stamm u. s. w.) sorgfältigst sektionsweise zu kubieren*), den Durchmesser in Brusthöhe (1,3 m) genau zu bestimmen und den aus diesem sowie der Länge des Stammes sich ergebenden Idealwalzeninhalt zu berechnen. Die Division des Baum-(Stamm)inhaltes durch den der Walze ergiebt die Formzahl. Eine so ermittelte Einzelformzahl kann dann als Reduktionszahl für einen anderen Stamm, von dem man die gleiche Form annehmen kann, nach der Formel $v = ghf$ Anwendung finden. Soll jedoch ein solcher Inhaltsfaktor zur Ermittelung des Holzgehaltes einer Mehrheit von Stämmen, also eines ganzen Bestandes benutzt werden, so könnte man die genaue Übereinstimmung der Form aller Stämme nicht mehr voraussetzen, seine Anwendung würde Fehler hervorrufen, welche beträchtliche Dimensionen erreichen könnten, da es sich um einen Schluß vom Kleinen aufs Große handeln würde. Für letzteren Zweck ist nur eine Formzahl brauchbar, welche die durchschnittliche Form aller Stämme repräsentiert, d. h. selbst eine Durchschnittszahl aus möglichst vielen Einzelerhebungen darstellt.

Aus diesen Gründen sind die älteren Formzahltafeln z. B. von Cotta**), König***), Hundeshagen†), die badischen††) und die bayerischen†††) nicht ohne weiteres anwendbar (mit Ausnahme vielleicht der letzteren), jedenfalls aber vor allem nicht untereinander vergleichbar. Die ältesten von ihnen beruhen auf zu geringem Grundlagenmaterial, alle aber differieren in Bezug auf den Meßpunkt. Hundeshagen maß nur allgemein „in Brusthöhe", Cotta 2—3′ über dem unteren Benutzungspunkt, König bei 5′ preußischem, die badischen Tabellen bei 5′ badischem, die bayerischen bei 4,5′ bayerischem Maß. Letztere beziehen sich auf 21780 Fichten, 4500 Tannen, 4280 Kiefern, 590 Lärchen, 3710 Buchen, 2490 Eichen und 2870 Birken. Unklar war auch meist die Bezeichnung der Stockhöhe, der ja ein wesentlicher Einfluß auf die Gestaltung der Zahlenreihen zukommt. Derbholzformzahlen waren früher fast unmöglich, solange es an einer scharfen Präzisierung des Begriffs Derbholz fehlte.

*) Über den Einfluß von Messungsfehlern auf die Formzahl vergl. Kunze, Th. f. J. Suppl. II, 1881, S. 1.

**) Cotta, Hilfstafeln für Forstwirte und Forsttaxatoren.

***) König, Forstmathematik. 1. Aufl. 1835.

†) Hundeshagen, Forstabschätzung. 1. Aufl. 1826.

††) Erfahrungen über den Massenvorrat und Zuwachs geschlossener Hochwaldbestände. Karlsruhe 1862.

†††) Ganghofer, der Praktische Holzrechner. III. Aufl. Augsburg 1883. S. 205. in Metermaß umgerechnet. Originaltafeln: Massentafeln zur Bestimmung des Inhaltes der vorzüglichsten teutschen Waldbäume. München 1846.

Erst die neueren auf Grund der Vereinbarungen des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten gewonnenen Brusthöhenformzahlen besitzen den Vorteil einheitlicher Erhebung und Bearbeitung und dürfen daher auch den Anspruch auf allgemeine Giltigkeit erheben. Sie beziehen sich sämtlich auf die Meßhöhe 1,3 m vom Boden und auf Bäume, welche in einem mittleren Schlußgrade erwachsen sind. Außerdem stellen sie Durchschnittswerte aus sehr zahlreichen Einzelerhebungen dar.

Von größeren zusammenhängenden Bearbeitungen seien angeführt (indem sowohl die Veröffentlichungen über sogenannte Einzelformzahlen wie über durchschnittliche Bestandsformzahlen berücksichtigt werden):

1. Für **Kiefer**, von Prof. Dr. Kunze, aus der Untersuchung von 4638 Stämmen in Sachsen, Th. f. J. Suppl. II, Bd. 1, Hft. 1881, und aus 7797 Stämmen, erweitert nach der Abhängigkeit vom Kronenansatze Th. f. J. Suppl.V, 1, sowie Suppl.VI. 1890;

   von Prof. Dr. Schwappach (Formzahlen und Massentafeln für die Kiefer, Berlin 1890) von 17059 Stämmen aus (der Zahl nach geordnet) Sachsen, Preußen, Hessen, Württemberg, Baden und Braunschweig;

   von Prof. Dr. Wimmenauer (A. F. u. J. Z. 1889, S. 221) aus ungefähr 3000 hessischen Kiefern;

   von Oberfm. Weise (A. F. u. J. Z. 1881 und Ertragstafeln für die Kiefer, Berlin 1880).

2. Für **Fichte**, von Prof. Dr. Baur, aus 1600 württembergischen Stämmen. (Die Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form, Berlin 1876);

   von Prof. Dr. v. Lorey, von 2902 Stämmen in Württemberg. (Über Baummassentafeln, Festschrift, Tübingen 1882, sowie Ertragstafeln für die Fichte, Frankfurt 1899);

   von Prof. Dr. Kunze (Th. f. J., Suppl. II. Bd. 1. Hft. 1881), an 7077 Fichten aus Sachsen, getrennt nach 20jährigen Altersstufen, erweitert aus 9971 Stämmen mit Berücksichtigung des Kronenansatzes und in 40jährigen Altersklassen. (Das. Suppl. V, 1889);

   von Prof. Dr. Baur (Formzahlen und Massentafeln für die Fichte, Berlin 1890), aus über 22000 Stämmen berechnet mit Unterscheidungen nach Wuchsgebieten und Altersklassen;

   vom k. k. Forstrat Schiffel (M. a. d. forstl. Vers. W. Österreichs XXIV. Heft, Wien 1899), aus 2529 Stämmen mit Unterscheidungen nach dem Formquotienten, d. h. dem Verhältnis der Durchmesser in $\frac{1}{4}$ h, $\frac{1}{2}$ h und $\frac{3}{4}$ h zum Brusthöhendurchmesser.

3. Für **Weißtanne**, von Prof. Schuberg, ermittelt an 2760 badischen Tannen (Aus deutschen Forsten. I. Die Weißtanne. Tübingen 1888);

   von Prof. Schuberg (Formzahlen und Massentafeln für die Weißtanne, Berlin 1891), nach dem Materiale des V. d. d. f. Vers. Anst. aus 5643 Stämmen;

   von Prof. Dr. v. Lorey (Ertragstafeln für die Weißtanne. Frankfurt 1884, II. Aufl. 1897).

4. Für **Rotbuche**, von Prof. Dr. Baur (Die Rotbuche in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. Berlin 1881), aus 2137 württembergischen Buchen;

   von Prof. Dr. Kunze, aus 1536 Stämmen, getrennt nach 20jährigen Altersklassen und Kronenansatz. Th. f. J. 1890, Suppl. VI, 1;

   von Prof. Dr. Schwappach (Wachstum und Ertrag normaler Rotbuchenbestände. Berlin 1893.);

   von Prof. Schuberg (Aus deutschen Forsten II. Die Rotbuche. Tübingen 1894), aus 1224 Stämmen unter Berücksichtigung des Verhältnisses $\delta : d$;

   von Horn, herausgegeben von Dr. Grundner (Formzahlen und Massentafeln für die Buche, Berlin 1898), nach 12180 Stämmen aus ganz Deutschland.

5. Für **Schwarzkiefer**, von K. Böhmerle (M. a. d. f. Vers. W. Österreichs. Wien 1893).

6. Für **Eiche**, von Prof. Schuberg, aus 822 Stämmen (Hilfstafeln zur Inhaltsbestimmung von Bäumen und Beständen, herausgegeben nach den Arbeiten des Ver. deutsch. forstl. Versuchsanstalten, Berlin 1898);

   von Prof. Dr. Wimmenauer (A. F. u. J. Z. 1899 Sept.- und 1900 Jan.-Heft), nach den Aufnahmen der Großh. Hessischen Versuchsanstalt.

7. Für **Weymouthskiefer.** A. F. u. J. Z. 1890, 206 und Z. f. F. u. J. 1890, 321.

8. Für Hainbuche, Linde, Ahorn, Esche, Ulme, Aspe, Pappel, Erle, Birke finden sich Formzahlen in den Forsttafeln von König, V. Auflage, herausgegeben von Grebe, Gotha 1864, indessen lassen sich gegen ihre Richtigkeit erhebliche Einwendungen erheben.

Die nach dem Arbeitsplane des Vereins d. f. Vers. Anst. herausgegebenen Ertragstafeln enthalten Angaben, welche die durchschnittlichen Formzahlen (f_b und f_d) der Bestände für die verschiedenen Bonitäten, getrennt nach dem Bestandsalter und in Beziehung zur mittleren Bestandshöhe, sowie zum mittleren Durchmesser darstellen (Bestandsformzahlen), während in den eigentlichen Formzahltafeln die Abhängigkeit der Zahlenreihen von den genannten und anderen Faktoren ohne Rücksicht auf Bonitätsunterschiede zum Ausdruck kommt. (Einzelformzahlen.)

Die nachstehende Formzahlübersicht stellt Durchschnittswerte für die verschiedenen Durchmesser- und Altersstufen dar, nur nach der Höhe geordnet, weil deren Einfluß am prägnantesten im Verlaufe der Zahlenreihen zum Ausdrucke kommt. Sie kann als auszugsweise Darstellung lediglich eine Anschauung über die in Frage kommenden Zahlenverhältnisse bieten. Für thatsächliche genauere Kubierungen muß man selbstverständlich auf die specielleren Formzahltafeln der Quellenwerke zurückgreifen.

Brusthöhenformzahlen

Nach den Veröffentlichungen der deutschen forstlichen Versuchsstationen.
Meßpunkt 1,3 m vom Boden.

Scheitelhöhe m	Fichte nach Baur*)		Kiefer nach Kunze**)		Tanne nach Schuberg***)		Buche nach Kunze†)	
	Baum-	Derbholz-	Baum-	Derbholz-	Baum-	Derbholz-	Baum-	Derbholz-
	formzahl		formzahl		formzahl		formzahl	
5	0,97	0,00	0,93	0,07	0,97	—	0,84	—
6	89	10	84	14	89	—	80	—
7	85	18	78	21	83	31	75	0,01
8	81	27	73	27	79	35	72	07
9	77	33	68	33	76	42	69	14
10	75	38	65	36	73	47	66	20
11	0,73	0,42	0,63	0,40	0,71	0,50	0,64	0,28
12	70	45	61	44	69	51	62	37
13	69	48	59	47	68	52	61	41
14	67	49	58	48	67	53	60	43
15	66	50	57	48	65	53	59	44
16	0,65	0,51	0,56	0,48	0,65	0,53	0,58	0,46
17	64	51	55	47	64	53	58	47
18	63	51	54	47	63	53	58	47
19	62	51	53	47	63	53	57	48
20	62	51	53	46	62	53	57	48
21	0,61	0,51	0,52	0,46	0,62	0,53	0,57	0,49
22	60	51	52	46	61	53	57	49
23	59	51	51	45	60	52	57	49
24	58	50	51	45	60	52	57	49
25	58	50	50	45	59	52	57	50
26	0,57	0,49	0,50	0,45	0,59	0,51	0,56	0,50
27	56	49	50	45	58	51	56	50
28	55	49	50	45	58	51	56	50
29	55	48	49	45	57	50	56	50
30	54	48	49	45	56	50	56	50
31	0,53	0,47	0,49	0,46	0,56	0,49	0,56	0,50
32	52	47	49	46	55	49	56	50
33	52	46	49	46	54	48	56	50
34	51	46	49	46	54	47	—	—
35	51	46	—	—	53	47	—	—
36	0,50	0,45	—	—	0,52	0,47	—	—
37	49	45	—	—	51	46	—	—
38	49	44	—	—	50	45	—	—
39	48	44	—	—	49	45	—	—
40	48	43	—	—	48	44	—	—

*) Baur, Lehrbuch der Holzmeßkunde. IV. Aufl. S. 180.

**) Kunze, Suppl. z. Th. f. J. V. Bd., 1889, S. 21. (Auszugsweise und gekürzt wiedergegeben!)

***) Schuberg, Formzahlen und Massentafeln der Weißtanne. S. 45.

†) Kunze, Suppl. z. Th. f. J. VI. Bd., 1890, S. 13. (Auszugsweise und gekürzt wiedergegeben!)

Deutlicher noch und übersichtlicher wird nebenstehende graphische Darstellung den allgemeinen Verlauf solcher Brusthöhenformzahlen erkennen lassen, in welcher die Zahlen der vorstehenden Übersicht, etwas ausgeglichen, aufgezeichnet sind.

Scheinen hiernach die Brusthöhenformzahlen im allgemeinen einen typischen Verlauf zu zeigen, so belehrt uns jedoch ein Blick in das Zahlenwerk der Specialarbeiten, daß bei den Formzahlen im einzelnen oft recht erhebliche Unterschiede sich bemerkbar machen. Wenn man nun bei den neueren Arbeiten Gleichmäßigkeit und Sorgfalt der Aufnahmen voraussetzen darf, so können diese Differenzen, welche sowohl zwischen den verschiedenen Autoren, als wie in den Zahlen desselben Verfassers bestehen, in der Hauptsache auf folgende Umstände zurückgeführt werden: Einfluß des Wachstumsgebietes, des Schlußverhältnisses und der Bonität, des Alters, der Scheitelhöhe, oder des Brusthöhendurchmessers. Man sieht so, daß äußerst verwickelte Verhältnisse vorliegen, in denen nur Durchschnittswerte, gewonnen aus sehr zahlreichen Einzeluntersuchungen, ein einigermaßen sicheres Urteil gestatten können. Es dürfen daher die nachfolgenden Betrachtungen zum Teil nur unter einigem Vorbehalte angestellt werden.

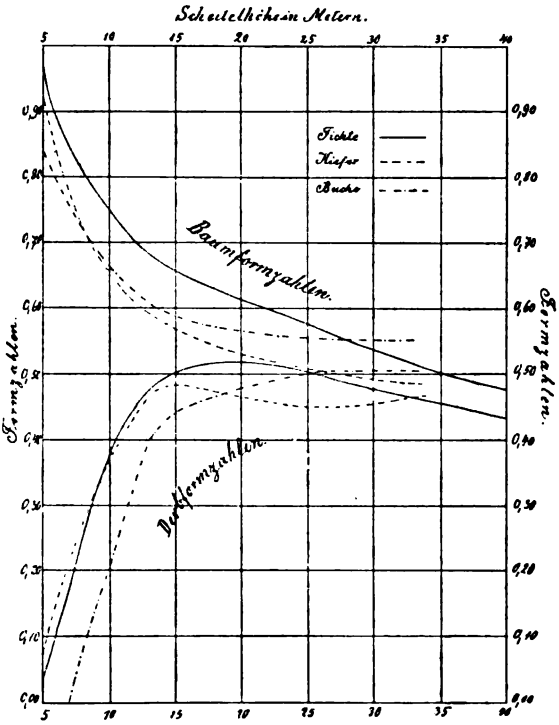


Fig. 108.
Brusthöhenformzahlen.

β) Abhängigkeit der Brusthöhenformzahlen von verschiedenen Umständen.

1. Einfluß des Wachstumsgebietes.

Bedenkt man, daß die bei geographisch getrennten Wuchsgebieten bestehenden Unterschiede in der Durchschnittstemperatur, Vegetationsdauer, den

Feuchtigkeitsverhältnissen und anderen Wachstumsfaktoren, den Zuwachs der Bäume modifizieren, so liegt der Gedanke nahe, daß solche Verschiedenheiten nicht nur die absolute Menge des Holzzuwachses, sondern auch die Verteilung desselben am Baume, d. h. also dessen Form beeinflussen können. In der That zeigen sich derartige Unterschiede auch in den Formzahlen derselben Holzart z. B. zwischen Nord- und Süddeutschland. Ist das aber der Fall, so würde es immer noch der Untersuchung bedürfen, ob diese Differenzen auch wirklich oder ausschließlich durch derartige, an das Wuchsgebiet unzertrennlich gebundene Verhältnisse begründet sind, oder ob nicht hierbei andere Zufälligkeiten mitspielen. So unterliegt es, um nur einiges anzuführen, wohl kaum einem Zweifel, daß die natürliche Verjüngung, die wir für gewisse Gegenden als typisch und vorherrschend annehmen dürfen, namentlich bei langem Verjüngungszeitraume die Form der Bäume beeinflussen muß. Ebenso kann z. B. auch die in Süddeutschland entschieden stärker auftretende Neigung zum Aufasten nicht ohne Nachwirkung auf die Baumformen bleiben. Insoweit man derartige Verschiedenheiten in der Bestandsbegründung oder Bestandpflege als specifische, unzertrennlich mit einem bestimmten Wuchsgebiete verbundene betrachten darf, würde also ein Einfluß des letzteren auf die Formzahlen nicht zu bestreiten sein. Es fragt sich nur, ob er auch in einer meßbaren und praktisch nennenswerten Größe auftritt, und letztere Frage kann man im allgemeinen verneinen. Nur Prof. Schwappach hat bei seinen Kiefernformzahlen zwischen Nord- und Süddeutschland unterschieden. Und wenn andererseits Baur bei der Fichte Differenzen der Formzahlen von 0,02 bis 0,04 fand und daraufhin die Formzahlen in Baden, Sachsen und Braunschweig zusammenfaßte und denen in Preußen, Bayern und Württemberg gegenüberstellte, so ist das eher ein Beweis gegen, als für den Einfluß des Wuchsgebietes, denn wie kämen sonst die badischen Zahlen in die Gesellschaft jener sächsischen und braunschweigischen?

Es unterliegt überhaupt Bedenken, bei solchen Untersuchungen sich an die politischen Grenzen einzelner Länder zu halten und nur der Hinblick auf die spätere Verwendung der gewonnenen Zahlen, welche für die Forstverwaltungen der einzelnen Staaten möglichst einheitlich sein sollen, kann jene Abgrenzung rechtfertigen. Im übrigen wäre es natürlich richtiger, nur solche Zahlen zu Durchschnittswerten zusammenzufassen, welche aus Gebieten gleicher standörtlicher, klimatischer und wirtschaftlicher Verhältnisse herstammen, was indessen praktisch auf Schwierigkeiten der Ausführung stößt.

Man darf daher annehmen, daß der Einfluß der Wuchsgebiete — wenigstens innerhalb der deutschen Grenzen — nicht sicher nachweisbar, jedenfalls aber so gering ist, daß die Differenzen der Zahlenreihen doch möglicherweise zum Teil in unvermeidlichen Unvollkommenheiten der Aufnahme beruhen können.

2. Einfluß der Bonität und des Schlußgrades.

Ebenso großen, ja vielleicht noch beträchtlicheren Schwierigkeiten unterliegt es, einen specifischen Einfluß der Bonität festzustellen. Ganz abgesehen von der Unsicherheit, welche der Bonitierung an sich anhaftet, und abgesehen von der störenden Einwirkung der Schlußverhältnisse eines Bestandes, macht sich bei jener Aufgabe der Übelstand bemerkbar, daß bei gegebenem Alter die Unterschiede der Bonitätsstufen sich gleichzeitig in Veränderungen des Durchmessers und der Scheitelhöhe äußern, zweier Faktoren, denen ein selbständiger Einfluß auf die Höhe der Formzahl zuerkannt werden muß, welcher weit genug reicht, um eine etwa vorhandene anderweite Beeinflussung der Formzahl durch die Bonität zu verdunkeln. Als Beleg mögen nachfolgende beliebig herausgegriffene Zahlen dienen. Nach den 1899er Ertragstafeln für Fichte von Prof. v. Lorey ergeben sich für 80jährige Fichten folgende Bestandsformzahlen:

Bonitätsstufe	I	II	III	IV	V	
Baumformzahl	0,520	0,583	0,642	0,688	0,762	
Hierzu gehören Durchmesser	34,2	27,0	21,2	17,6	14,4	cm
die mittleren Höhen . .	28,9	24,2	20,3	16,6	12,5	m.

Sucht man zu diesen Dimensionen die entsprechenden f_b in den Baurschen Fichtenformzahltafeln (S. 72), so findet man Angaben, welche sich als Mittelwerte für alle Bonitäten darstellen, nämlich die Zahlen

0,534 0,571 0,604 0,630 [670]

Kann man gegen den Vergleich dieser beiden Zahlenreihen, Bestandsformzahlen mit Einzelformzahlen, keine Einwendungen erheben, so würde aus ihnen hervorgehen, daß bei Fichte mit Verschlechterung der Bonität die f_b stärker zunimmt, als es der gleichzeitigen Veränderung der Höhe und des Durchmessers entspricht, kurz ausgedrückt, daß *den geringeren Bonitäten nicht nur absolut, sondern auch relativ höhere Baumformzahlen zukommen*. Indessen weisen nicht alle Holzarten ähnliche in die Augen fallende Unterschiede auf, für 80jährige Buchen z. B. erhält man auf demselben Wege zwei fast gleichlautende Reihen. Im allgemeinen aber kann man sagen, *die f_b steigt mit abnehmender Bonität*.

Die Zahlen des Vereins deutscher forstlicher Versuchs-Anstalten beziehen sich auf mittlere Schlußgrade mäßig durchforsteter Bestände, wie sie in der Praxis in den weitaus meisten Fällen vorliegen. Ausgedehnte Untersuchungen über die Formzahlen bei dichtgedrängtem Schlusse, sowie im ausgesprochenen Lichtstande sind zur Zeit noch nicht veröffentlicht, werden sich aber mit der Zeit, namentlich für den letzteren Fall, notwendig erweisen. Schuberg fand für

Buche*) in allen Altersstufen für die drei Schlußgrade einer schwachen, mäßigen und starken Durchforstung ein Zunehmen der f_b mit der Dichtheit der Bestände und zwar gleichmäßig in allen Bonitäten um 0,05 bis 0,10. Aus früherer Zeit liegen die, allerdings nicht ganz einwandfreien, Königschen Zahlen vor**), welcher folgende Formklassen unterschied:

1. Klasse. In gedrängtem, dürftigem Stande, schmächtig und spitzig.
2. „ In mäßigem Schlusse, mehr kräftig und stammfest.
3. „ In räumlichem und lichterem Stande, schaft- und kronenvoll.
4. „ In freierem Stande, kürzer, dichter und breiter beastet.
5. „ Im einzelnen Stande, niedrig und weit ausgebreitet.

Der Anschaulichkeit wegen seien diese Königschen Baumformzahlen (ca. 1,5 m Meßhöhe) in der Baurschen Umrechnung auf Metermaß für Fichte und Tanne auszugsweise***) wiedergegeben:

Höhe m	Königs Baumformzahlen für Fichte und Tanne			
	Formklasse			
	1	2	3	4
5	0,557	0,597	0,646	0,706
10	544	584	632	692
15	532	572	618	678
20	519	560	605	665
25	507	547	592	652
30	494	534	578	638
35	482	522	565	625
40	470	510	551	611
45	457	497	537	597

Es tritt in diesen Zahlen der steigernde Einfluß des Freistandes deutlich zu Tage.

Oberforstrat Schuberg kommt jedoch für die Tanne zu einem etwas anderen Schlusse, daß nämlich die Freistellung zwar meistens nach einiger Dauer zu einer Erhöhung der Derb-, Schaft- und Baumformzahlen führt, daß aber diese Erhöhung weder so beharrlich und gleichmäßig, noch in so hohem Grade eintritt, um die Aufstellung besonderer Tafeln zu rechtfertigen. Indessen dürfte diese Frage doch einer weiteren Prüfung, insonderheit auch mit Berücksichtigung des Alters im Jahre der Freistellung wert sein.

3. Einfluß des Alters.

Die an sich ganz richtige Beobachtung, daß ältere Bäume in der Regel eine größere Vollformigkeit aufzuweisen pflegen als jüngere, konnte zu der

*) Aus deutschen Forsten II. S. 155.

**) Hilfstafeln der Forstmathematik u. s. w. von Dr. König. V. Aufl. Gotha 1864. S. 77.

***) Für die übrigen Holzarten umgerechnet, siehe Baurs Holzmeßkunde IV. Aufl. S. 186.

verallgemeinerten Auffassung führen, daß dem Alter an sich ein selbständiger und wesentlicher Einfluß auf die Formzahlen beizumessen sei, oder präciser ausgedrückt, daß Bäume von gleicher Höhe und gleichem Durchmesser, aber verschiedenem Alter, auch verschiedene Formzahlen haben müßten. Namentlich war es Preßler, welcher dies betonte und in der Vernachlässigung dieses Faktors in den bayrischen Massentafeln einen Mangel erblicken wollte. Es haben jedoch die an beinahe 60000 Stämmen unserer vier Hauptholzarten von seiten der Versuchsanstalten vorgenommenen Formzahluntersuchungen übereinstimmend für Fichte, Kiefer, Tanne und Buche dargelegt, daß ein selbständiger Einfluß des Alters bei Bäumen von gleicher Scheitelhöhe entweder gar nicht oder doch nur bei sehr großen Altersunterschieden von 40 und mehr Jahren nachweisbar ist.

Oberforstrat Schuberg, welcher bei der Tanne (Aus deutschen Forsten. I. Tübingen, 1888) ursprünglich ein Wachsen der Bauminhalte gleicher Höhen und Stärken mit der Alterszunahme aufzufinden glaubte, kam bei der Prüfung weiteren Materiales zu dem Schlusse, daß, wenn man überhaupt Altersklassen bilden wolle, solche von 40 Jahren mehr als genügend seien, denn selbst dann noch greifen die Spielräume, innerhalb welcher sich die f bewegt, weit ineinander. Zu ganz demselben Resultate kamen auch Professor Baur und Schwappach für Fichte und Kiefer, welche ebenfalls die Formzahlen nur für 40jährige Altersgruppen berechneten, während die Buchentafeln von Dr. Grundner-Horn überhaupt von einer Trennung nach dem Alter ganz Abstand nehmen.

Am deutlichsten und entschiedensten zeigt sich noch der Einfluß des Alters bei gleicher Scheitelhöhe in der Derbholzformzahl, welche die Neigung hat, mit zunehmendem Alter zu steigen (am wenigsten noch bei der Fichte). Umgekehrt fällt die Baumformzahl meist mit steigendem Alter, während bei der Schaftformzahl gleichmäßige Beziehungen bei jenen vier Holzarten nicht aufgefunden werden konnten.

4. Einfluß der Scheitelhöhe.

Schon aus rein mathematischen Gründen muß sich, wie der Formelausdruck erkennen läßt, ein wesentlicher Einfluß der Scheitelhöhe auf die Brusthöhenformzahlen ergeben und ein Blick in eine beliebige Formzahltafel läßt die Art dieses Einflußes deutlich erkennen. Derselbe ist jedoch für die einzelnen Formzahlarten ein verschiedener, so daß wir diese gesondert betrachten müssen.

a) Die Baumformzahlen nehmen im allgemeinen mit steigender Scheitelhöhe ab, indessen nicht gleichmäßig. Anfänglich erfolgt das Sinken sehr rasch bis der Baum eine Höhe von etwa 10—12 m erreicht hat, dann verlangsamt es sich, um schließlich bei Höhen von etwa 18—20 m in ein gleichmäßiges

Fallen überzugehen. Nur die Buche verhält sich etwas abweichend. Ordnet man bei ihr die Baumformzahlen nur nach Höhenstufen, so findet nach anfänglichem Fallen bei Baumhöhen von etwa 24 m an wieder ein schwaches Steigen statt. Ein so ganz gleichmäßiges Fallen der f_b, umgekehrt proportional der Scheitelhöhe, wie es die Königschen Zahlen zeigten, ist also nicht mit den thatsächlichen Verhältnissen in Einklang zu bringen. Es ändert sich an diesen Verhältnissen im großen und ganzen auch nichts, wenn man Bäume von verschiedenem Durchmesser miteinander vergleicht.

b) Die Schaftformzahlen sind, weil praktisch wenig nötig, nicht so vollständig berechnet worden, wie die beiden anderen Arten. Sie verhalten sich ähnlich wie die Baumformzahlen, d. h. sie nehmen mit steigender Höhe erst schneller, dann langsamer ab, zeigen aber im allgemeinen einen regelmäßigeren Verlauf.

Es kommt auf diese Weise vor, daß ein kürzerer Schaft eine größere f_s aufweist als ein höherer, ohne daß er jedoch thatsächlich vollholziger wäre. Es zeigt sich hierin der Kardinalfehler der Brusthöhenformzahl, daß nämlich bei kurzen Stämmen der feste Meßpunkt von 1,3 m relativ höher liegt als bei längeren und daß auf diese Weise ebenfalls ein relativ kleinerer Durchmesser der Idealwalze ermittelt wird, woraus mit Notwendigkeit eine höhere Formzahl resultieren muß. Ein weiterer Grund für das Abnehmen der f_s mit wachsender Scheitelhöhe ist der Umstand, daß das Längenwachstum prozentual viel rascher vor sich geht, als das Dickenwachstum, wenigstens in den Perioden des vollen Höhenwuchses, und daß daher mit dem Höherwerden gleichzeitig auch ein Schlankerwerden verbunden ist. Dem Auge erscheint ein solcher Stamm meistens vollformiger, ohne es thatsächlich zu sein, ein Irrtum, auf welchen man bei Okularschätzungen gebührende Rücksicht nehmen muß.

c) Eine Derbformzahl kann bei jungen, daher auch noch niedrigen Bäumen, welche noch kein Derbholz liefern, nicht vorhanden sein. Erst von einem gewissen Alter und damit von einer gewissen Baumhöhe an, beginnt ein Teil des Stammes in das Derbholz zu fallen und es entsteht eine zunächst noch niedrige f_d. Dieselbe steigt jedoch rasch, erreicht bei 17—22 m Scheitelhöhe ein Maximum, um dann langsam wieder zu fallen. Baumformzahl und (bedingungsweise) Schaftformzahl müssen natürlich bei gleichen Scheitelhöhen immer etwas höher sein als die Derbformzahl, sie verlaufen aber nach Vollendung des Hauptlängenwachstumes fast parallel mit letzterer. Hieraus geht hervor, daß die Reisigformzahl bei hohen (alten) Bäumen fast konstant sein muß. Die Derbformzahl stimmt bei den Nadelhölzern in den Höhen von etwa 18—20 m an fast ganz mit f_s überein, nur bei sehr hohen (oder richtiger: alten) Kiefern und bei Laubhölzern kann sie die Schaftformzahl übersteigen, weil bei diesen ein Teil der Äste zum Derbholze gerechnet werden muß.

Indessen vermindert sich der Einfluß der Scheitelhöhe bei größeren absoluten

Höhen, also im Alter, infolge der eingetretenen Stagnation im Höhenwachstume beträchtlich, sodaß für haubare Bäume dieser Teil der gegen die Brusthöhenformzahlen vorgebrachten Gründe an Bedeutung verliert.

5. Einfluß des Brusthöhendurchmessers.

Der Einfluß der Brusthöhendurchmesser auf den Verlauf der Formzahlen ist ein ziemlich verwickelter, weil er immer durch den gleichzeitigen Einfluß der Höhe, zum Teil auch des Alters kompliziert wird, nicht nur nach den einzelnen Formzahl-, sondern auch nach den Holzarten betrachtet. Erst bei Anwendung großer Durchschnitte und ausgeglichener Zahlen läßt sich ein einigermaßen deutliches Bild der vorliegenden Verhältnisse gewinnen. Setzt man gleiche Scheitelhöhen voraus, so kann man im allgemeinen folgende Sätze als giltig annehmen:

a) Die Baumformzahlen nehmen mit steigendem Durchmesser bei Fichte und Tanne ab, während sie bei Kiefer in allen Altersklassen steigen, dagegen bei Buche bei 20—60jährigem Holze unregelmäßig fallen, bei älterem nach einigem Schwanken endlich in den stärkeren Durchmessern deutlich wieder steigen.

b) Die Derbformzahl, welche anfangs 0 ist, muß natürlich in den schwächeren Stammklassen zunächst mit Zunahme der Durchmesser steigen. Aber während bei Buche, (jedoch wohlgemerkt, immer nur innerhalb gleicher Höhen) dies Steigen bis zuletzt andauert, beginnt die f_d bei Fichte, Kiefer und Tanne späterhin, etwa von den Durchmessern 15—20 cm an, wieder zu fallen, so daß man für alte Nadelhölzer den Satz aufstellen kann, die Derbformzahl fällt innerhalb einer Höhenstufe mit zunehmendem Durchmesser.

c) Von den Schaftformzahlen der Nadelhölzer läßt sich behaupten, daß sie innerhalb gleicher Höhen mit steigendem Durchmesser abnehmen.

6. Abhängigkeit der Brusthöhenformzahl von einigen anderen Faktoren.

a) Feststellung des Bodenpunktes. Da mit der Verschiebung des Meßpunktes des Brusthöhendurchmessers auch eine entsprechende Änderung der Formzahl verbunden ist, so ist die genaue Bestimmung des ersteren unerläßlich. Derselbe soll genau in einer Höhe von 1,3 m über dem Boden liegen. In der Ebene können über die Lage jenes Punktes keine Zweifel entstehen, wohl aber im geneigten Terrain, je nachdem man den Maßstab an der Bergseite, seitwärts, oder an der Thalseite anlegt. Die Beeinflussung der Formzahl durch derartige Verschiedenheiten hängt natürlich von dem Neigungswinkel ab, beträgt aber z. B. bei 30 % Neigung schon 0,002 bis 0,003. Theoretisch richtiger wäre es, den Maßstab in der Achsenlage des Stammes, also seitwärts anzulegen, denn ein an der Bergseite gesuchter Nullpunkt kann sich durch Bodenanschwemmungen und muß sich mit der Stärkezunahme des Stammes

gegen den Achsennullpunkt verschieben. Zudem hätte man die Möglichkeit, nach Bedürfnis den Maßstab rechts oder links anzulegen. Andererseits sprechen verschiedene praktische Gründe, insbesondere bequemere Messung, nähere Übereinstimmung mit dem Abhiebspunkte für die Messung auf der Bergseite, so daß nach beiden Methoden gemessen wird. Auch die Verhandlungen des Internationalen Verbandes forstlicher Versuchsstationen haben bislang keine bestimmte Norm zu schaffen vermocht. (M. a. d. f. V.-W. Ö. XVII. 48, Z. f. d. g. F. 1897, 234).

Anmerkung. Um Verwechslungen vorzubeugen, sei bemerkt, daß die der Berechnung der Formzahlen zu Grunde liegende Scheitelhöhe nicht die totale Höhe des Baumes vom Bodenpunkte an, sondern nur die Länge vom Stockabschnitte bis zur äußersten Spitze ist.

b) Stockhöhe. Ein Umstand, der bei der Berechnung der Formzahl wesentlich ins Gewicht fällt, ist die angenommene Stockhöhe, da ja der Bauminhalt die Masse des Stockholzes nicht in sich faßt. Ermittelt man aber den Durchmesser der Idealwalze in konstanter Höhe vom Boden, und läßt man andererseits die Stockhöhe wechseln, so ist die Länge des unterhalb des Meßpunktes belegenen Teiles am gefällten Stamme ebenfalls eine verschiedene. Es wächst also z. B. bei abnehmender Stockhöhe auch der Inhalt dieses Stammteiles und zwar wegen des zumeist vorhandenen Wurzelanlaufes sogar in stärkerem Maße, als der entsprechende Teil der Idealwalze, welcher einfach arithmetisch im Verhältnis der Längen zunimmt. Hierdurch wird aber in dem echten Bruche $\frac{v}{w}$ der Zähler stärker vergrößert als der Nenner, mit anderen Worten: bei abnehmender Stockhöhe muß die Brusthöhenformzahl wachsen und umgekehrt.

Infolgedessen ist im Arbeitsplane der deutschen Versuchsanstalten (§ 5. C.) die Stockhöhe unter allen Verhältnissen auf $\frac{1}{3}$ des Stockdurchmessers, unmittelbar über dem Boden ohne Wurzelanlauf gemessen, festgesetzt worden.

Gegen diese Bestimmung läßt sich mancherlei einwenden, namentlich, daß die Ermittelung des Stockdurchmessers „ohne Wurzelanlauf" auf praktische Schwierigkeiten stößt und daß man bei sehr starken Stämmen auf Stockhöhen kommt, wie sie infolge der zunehmenden Unverkäuflichkeit des Stockholzes immer seltener werden. Hierin liegt ein Moment, welches in die praktische Anwendung der Formzahlen Fehler hineinbringen muß, die sich bereits in der 3. Dezimale der Formzahlen zeigen können*). Man hat deswegen andere bezügliche Vorschläge gemacht, z. B. Hub, welcher 0,4 des Brusthöhendurch-

*) Es sei bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen, daß bei derartigen wissenschaftlichen Versuchen im allgemeinen leicht mehr Masse berechnet wird, als sich praktisch verwerten und in der Buchführung nachweisen läßt. Die Ursache liegt in der Abrundung der Maße von seiten der Verwaltung, im Schwinden und im sonstigen Abgang an Holz als Hauspähne, unverwertbares dünnes Reisig, Feierabend- und Feuerholz für die Arbeiter, alles Verluste, welche zusammen mehrere Prozente ausmachen können. Vergl. Z. f. F. u. J. 1885, S. 278.

messers als Stockhöhe annehmen wollte. Hiermit wäre der zuletzt betonte Fehler zwar nicht ganz, aber doch beinahe behoben, sodann aber wäre diese Größe viel schärfer meßbar und vor allem könnte man an jedem Stamme auch nachträglich noch immer die der Rechnung zu Grunde gelegte Stockhöhe erkennen, was für eine entsprechende, den lokalen Verhältnissen angepaßte Korrektur der Formzahltabellen ein wesentlicher Vorteil wäre. (Östr. F. 1894, S. 98; Z. f. F. u. J. 1893, S. 503; M. a. d. f. V. Ö. XVII. 48). Übrigens verfährt die sächsische forstliche Versuchs-Anstalt ganz ähnlich, wenn sie schon seit längerer Zeit, die Stockhöhe zu $\frac{1}{3}$ des Brusthöhendurchmessers berechnet.

c) Kronenansatz und Kronenmasse. Die Vollformigkeit eines Baumschaftes pflegt bis zu gewissen Grenzen mit der Höhe des Kronenansatzes zu wachsen. Andererseits steht auch die Größe der f_b und f_s im engsten Zusammenhange mit der Kronenmasse. Es bleibt jedoch der Einfluß derselben auf die Schaftausformung noch näher zu untersuchen, wenn auch Kunze bereits (Th. f. J. Suppl. V, S. 1 u. 87 und Suppl. VI, 1) hierzu wertvolle Beiträge geliefert hat.

d) Die Beziehungen der f zu dem Verhältnis des Mittendurchmessers δ zum Brusthöhendurchmesser d, dem „Durchmesserquotienten", sind insbesondere vom Oberforstrat Schuberg näher untersucht worden. Drückt man dies Verhältnis prozentisch mit p aus, so zeigt sich z. B. bei Tanne mit dem Sinken dieses Prozentsatzes ein ganz proportionales Abnehmen der Baumformzahlen. Das wesentlichste aber scheint zu sein, daß sich beim Ordnen der Schaftformzahlen nach diesem p eine große Annäherung der Zahlengruppen zwischen den einzelnen Holzarten bemerkbar macht. Hierdurch ist es z. B. möglich, die Tannenformzahltafeln für die Fichte zu benutzen und es eröffnet sich so eine Aussicht auf Vereinfachungen im Tabellenwert der Formzahlen. Schuberg fand z. B. (F. Zbl. 1895, S. 505)

bei p =	60	63	66	69	72	75	78	81 %
f_s der Buche =	0,436	0,446	0,459	0,474	0,493	0,514	0,537	0,561
f_s der Tanne =	0,420	0,436	0,455	0,477	0,500	0,525	0,551	0,578.

Die Hineinbeziehung dieser Durchmesserverhältnisse in die Formzahluntersuchungen stellt entschieden einen Fortschritt dar und es ist anzunehmen, daß man in Zukunft auf diese Verhältnisse mehr Aufmerksamkeit verwenden wird. Die neuen Formzahltafeln für Fichte von Forstrat Schiffel berücksichtigen sogar noch zwei weitere obere Durchmesser (s. S. 208).

γ) Ermittelung von Einzelformzahlen.

Aus den vorstehenden Betrachtungen geht hervor, daß die Brusthöhenformzahlen in ihrer Abhängigkeit von einer so großen Zahl einzelner Faktoren, welche sich in ihren Wirkungen bald unterstützen bald aufheben, einen äußerst

verschlungenen Verlauf zeigen müssen, dessen Bahn und Ursache zu verfolgen, oft selbst dem Eingeweihten schwer fällt. Es erhellt daraus aber, wie schon früher betont wurde, weiter, daß die Brusthöhenformzahlen nicht geeignet sind, die wirkliche „Form" eines Baumes oder Stammes zum Ausdrucke zu bringen, sondern daß sie vielmehr lediglich brauchbare Reduktionsfaktoren für die Inhaltsermittelung darstellen. Bei der Art ihrer Entstehung als Durchschnittswerte aus einer großen Zahl von Einzelerhebungen können sie aber auch für diesen Zweck richtige Resultate nur dann liefern, wenn sie wieder auf eine größere Zahl von Stämmen gleichzeitig Anwendung finden, also zur Bestandsmassenermittelung dienen. Auf einen Einzelstamm bezogen, können solche Durchschnittswerte unter Umständen recht erhebliche Fehler in der Masse ergeben.

Zur Kubierung einzelner stehender Stämme vermittelst des Formzahlverfahrens ist man daher auf die specielle Ermittelung der gerade zutreffenden Einzelformzahl angewiesen. Zu dieser Ermittelung braucht man aber nach dem bisher geschilderten Verfahren den Bauminhalt selbst, welchen man erst sucht. Soll also die Kubierung vermittelst der Formzahl nicht einen ganz überflüssigen Umweg darstellen, so muß sich dieselbe auf anderem, kürzerem Wege berechnen lassen können.

Vorschläge in dieser Richtung sind mehrfach gemacht worden. So von Breymann*), Preßler, Strzelecki**), Nossek***), Prytz†), Schaal††), Dr. Kunze†††), Philipp*†), Lehnpfuhl**†). Es würde zu weit führen, sämtliche Verfahren hier zu erörtern, es sei nur die Bemerkung gemacht, daß sie zum Teil absolute und Brusthöhenformzahlen nicht scharf auseinander halten. Eine sehr instruktive Besprechung hierüber findet sich bei Schiffel, Form und Inhalt der Fichte, Wien 1899, S. 16.

Die zuverlässigsten Resultate scheint die Kunzesche Formel zu geben. Dieselbe lautet: Die Schaftformzahl

$$f_s = \frac{\delta}{d_{1,3}} - c$$

worin δ, wie immer, der Durchmesser in $\frac{h}{2}$, $d_{1,3}$ der Brusthöhendurchmesser

*) K. Breymann, Anleitung zur Holzmeßkunst. Wien 1868.
**) Z. f. d. g. F. 1888. S.
***) Z. f. d. g. F. 1889. S. 203.
†) A. F. u. J. Z. 1888. S. 265.
††) A. F. u. J. Z. 1885. S. 332.
†††) Dr. M. Kunze. Neue Methode zur raschen Berechnung der unechten Schaftformzahlen der Fichte und Kiefer. Dresden 1891, siehe auch Th. f. J. 1890. S. 97.
*†) Philipp, Hilfstabellen für Forsttaxatoren. II. Aufl. Karlsruhe 1896.
**†) Z. f. F. u. J. 1885. S. 654.

und c eine Konstante ist, welche beträgt für Kiefer = 0,20; für Fichte = 0,21; für Buche = 0,22 bis 0,23. Der Beweis für die Anwendbarkeit einer additionellen Konstante ergiebt sich wie folgt:

Unter der Voraussetzung der Giltigkeit der Schaftkurvengleichung $y^2 = px^r$ ergiebt sich zunächst für die absolute Formzahl

$$f_s' = \frac{1}{r+1}$$

und

$$\frac{\delta}{d_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{r}{2}}.$$

Bildet man nun

$$\frac{\delta}{d_0} - f_s' = c$$

oder

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{r}{2}} - \frac{1}{r+1} = c$$

und setzt man für r der Reihe nach die Werte 0,1; 0,2 u. s. w. bis 3,0 ein, so findet man für die praktisch in Frage kommenden Größen von r zwischen 1,0 und 2,0 ein c, welches von 0,207 bis 0,167 fällt.

Ganz analog erhält man für die Brusthöhenformzahl

$$f_s = \frac{1}{r+1}\left(\frac{h}{h-a}\right)^r$$

und

$$\frac{\delta}{d_a} = \left(\frac{h}{2(h-a)}\right)^{\frac{r}{2}}$$

woraus sich

$$c = \left(\frac{h}{2(h-a)}\right)^{\frac{r}{2}} - \frac{1}{r+1}\left(\frac{h}{h-a}\right)^r$$

ergiebt. Es muß also im letzteren Falle c eine Funktion der Baumlänge h sein, und sich für alle Werte von h und r berechnen lassen.

Die an zahlreichen Stämmen vorgenommenen Untersuchungen zeigten nun aber ein ganz geringes Schwanken in der Größe von c sowie auch eine gute Übereinstimmung des gemessenen mit dem berechneten c, woraus die Zulässigkeit der oben angeführten Abzugszahlen gefolgert werden kann.

Wegen seiner Einfachheit sei noch das Schaalsche Verfahren, welches die Formzahl aus der Lage des Richtpunktes bestimmt, erwähnt.

Der Inhalt eines Baumschaftes ist: ausgedrückt durch die Richthöhe $= \frac{2}{3}gh$, ausgedrückt durch die Formzahl $= ghf$, also kann man setzen

$$\frac{2}{3} g\mathfrak{h} = ghf_s$$

und

$$f_s = \frac{2\mathfrak{h}}{3h}.$$

Die wirkliche Messung von $\mathfrak{h}$ und h läßt sich noch ersparen, wenn man über ein Instrument verfügt, welches die Tangenten der Elevationswinkel angiebt. Nennen wir diese α für h und α' für $\mathfrak{h}$, so ist $\mathfrak{h} = e \operatorname{tang} \alpha'$ und $h = e \operatorname{tang} \alpha$. Dies in obige Gleichung eingesetzt, ergiebt

$$f_s = \frac{2 \operatorname{tang} \alpha'}{3 \operatorname{tang} \alpha} = \frac{2 \operatorname{tang} \text{Richthöhe}}{3 \operatorname{tang} \text{Scheitelhöhe}}.$$

Wie leicht ersichtlich, kann man auf diese Weise nur einen Näherungswert erhalten, da man entweder nur die Rinkersche Schaftformzahl erhält, vorausgesetzt, daß man h = der wirklichen Baumlänge, vermindert um die Meßpunkthöhe m annimmt, oder aber, wenn man unter h die volle Länge versteht, zwei Inhalte miteinander vergleicht, welche in Wirklichkeit mindestens um g m verschieden sind.

b) Die echte oder Normalformzahl (f″).

Unter den mancherlei Einwendungen, welche man gegen die Brusthöhenformzahlen erheben kann, ist die aus dem Einflusse der Scheitelhöhen sich ergebende von jeher am meisten hervorgehoben worden. Und das mit allem Rechte, denn durch diese Einflüsse wird nicht nur die Veränderung in der Vollformigkeit der Stämme während ihrer Entwickelung verschleiert, sondern es tritt auch die befremdende Erscheinung auf, daß zwei ganz gleichgeformte, nur verschieden hohe Stämme verschiedene Formzahlen aufweisen, was nicht nur vom theoretischen Standpunkte aus zu bemängeln ist, sondern auch zu praktischen Unzuträglichkeiten führt.

So hat beispielsweise ein Paraboloid von 31,3 m Höhe eine Formzahl von 0,522. $\left(\text{Nach der Formel S. 205 } f_s = \frac{1}{1+1} \cdot \frac{31{,}3}{31{,}3 - 1{,}3} = \frac{31{,}3}{60} = 0{,}522\right)$, ein genau gleichgeformter Körper jedoch mit nur 11,3 m Höhe eine solche von 0,565 $\left(f_s = \frac{1}{1+1} \cdot \frac{11{,}3}{11{,}3 - 1{,}3} = \frac{11{,}3}{20} = 0{,}565\right)$. Dieser erhebliche Unterschied rührt lediglich davon her, daß man im zweiten Falle den Durchmesser an einem relativ viel höher liegenden Punkte (ungefähr bei $\frac{1}{9}$ der Totalhöhe, gegenüber $\frac{1}{24}$ im ersten Falle) abgegriffen und daher auch einen relativ geringeren Walzeninhalt in dem Quotienten $\frac{v}{w}$ zu Grunde gelegt hat. Er würde

sofort verschwinden, sobald man nach dem zuerst 1837 von Smalian*) gemachten Vorschlage jene beiden Durchmesser bei demselben aliquoten Teile der Höhe $\left(\text{allgemein bei } \frac{1}{n}\,h\right)$ ermittelt hätte. Man erhielte dann den oben schon angeführten allgemeinen Ausdruck $f_s'' = \frac{1}{r+1}\left(\frac{n}{n-1}\right)^r$ und würde in unserem Beispiele, etwa bei $n = 20$, in beiden Fällen die Formzahl $f_s'' = \frac{1}{r+1}\cdot\left(\frac{n}{n-1}\right)^r = \frac{1}{2}\cdot\frac{20}{19} = 0{,}526$ erhalten, eben denselben Betrag aber auch für alle anderen gleich geformten Konoide ganz unabhängig von deren Höhe bekommen.

Nach diesem Grundsatze konstruierte Formzahltafeln würden gegenüber den Brusthöhenformzahltafeln den großen Vorzug einer übersichtlichen Kürze aufweisen, da man für jede Holzart nur wenige Zahlen für jede unterschiedene Vollformigkeitsklasse braucht. Preßler, welcher den anfänglich wenig beachteten Smalianschen Vorschlag mit regem Eifer weiter bearbeitete**), stellte z. B. folgendes kleine Täfelchen der von ihm zuerst „echte" genannten Formzahlen zusammen***):

Normales Hölzer vom Alter	Jung- ¼ A	Mittel- ½ A	Alt- A	Hochalt-Holz 1½ A	
Formklasse oder	I. sehr abholzig	II. ziemlich abholzig	III. mittelholzig	IV. vollholzig	V. sehr vollholzig
Tanne . . .	42^{10}	bis 45^{9}	bis 48^{8}	bis 52^{7}	bis 56^{6}
Fichte . . .	41^{9}	43^{9}	46^{8}	49^{8}	53^{7}
Kiefer . . .	40^{12}	43^{10}	46^{8}	50^{7}	55^{6}
Lärche . . .	40^{9}	42^{9}	44^{8}	47^{7}	50^{6}
Buche . . .	40^{15}	bis 44^{14}	bis 47^{13}	bis 51^{12}	bis 55^{11}
Eiche . . .	40^{15}	43^{15}	46^{14}	50^{14}	53^{13}
Erle . . .	42^{11}	45^{10}	48^{10}	52^{9}	55^{8}
Birke . . .	40^{9}	42^{8}	44^{8}	46^{7}	49^{7}

Ulme, Ahorn, Esche, Aspe, Weide: wahrscheinlich zwischen Erle und Birke.

*) Smalian, Beiträge zur Holzmeßkunst. Stralsund 1837, S. 67, sowie Anleitung zur Feststellung der Waldzustände. 1840.

**) Th. f. J. 9. Bd., S. 16. Gesetz der Stammbildung. Leipzig 1865, S. 131 und an anderen Orten.

***) Holzmeßkunst. I. Bd., 3. Abt., Taf. 16 A. Berlin 1873.

In dieser Tabelle bedeutet A das „normale Forstalter", d. h. dasjenige Alter, welches den höchsten jährlichen Durchschnittszuwachs zeigt und welches liegen soll

bei	Fichte	zwischen dem	60.	u. 120.	Jahre,
„	Kiefer	„ „	50.	u. 100.	„
„	Tanne u. Buche	„	70.	u. 130.	„
„	Lärche u. Erle	„	40.	u. 80.	„
„	Eiche	„	80.	u. 160.	„
„	Birke	„	30.	u. 60.	„

Die größer gedruckten Ziffern bedeuten die Stammformzahlen, die als Exponenten beigefügten kleineren die Astformzahlen, ihre Summe demnach die Baumformzahlen und zwar immer bezogen auf Messungen in $\frac{1}{20}$ h.

Lägen in der Wirklichkeit die Verhältnisse der Formzahlen thatsächlich so einfach, wie es diese Tabelle angiebt, so wäre deren Anwendung höchst bequem*). Man hätte nur den Vollholzigkeitsgrad zu schätzen, das Alter annähernd zu ermitteln und fände dann aus der Tabelle, nach Bedürfnis auch durch Interpolation, ohne weiteres die Formzahl. Das weitere Verfahren zur Ermittelung des Stamminhaltes wäre dann: Messung der Scheitelhöhe h, hieraus Berechnung der Meßhöhe bei $\frac{h}{20}$ und Abgreifen des entsprechenden Durchmessers. Der Inhalt v_s wäre dann $= ghf''$.

Allein einem solchen Verfahren stellen sich doch gewichtige Bedenken entgegen. Preßler überschätzte entschieden den Einfluß des Alters, auch trägt die ganze Formzahlermittelung viel zu sehr den Charakter einer Schätzung. Am wesentlichsten aber ist der Umstand, welchen schon König (Forstmathematik), Klauprecht und G. Heyer**) betonten, daß bei Annahme einer Meßhöhe von $\frac{h}{20}$ der Durchmesser bei sehr hohen Bäumen in einer unbequemen Höhe, bei kurzen dagegen in der Zone des Wurzelanlaufes gesucht werden muß. Man kann allerdings diesem Übelstande teilweise ausweichen, wenn man nach Klauprechts Vorschlag***) die Bäume in zwei Längenklassen teilt und die längeren bei $\frac{h}{20}$, die kürzeren dagegen bei $\frac{h}{10}$ mißt und demgemäß

*) Eine vergleichende Untersuchung hierüber findet sich z. B. von Schaal, Allg. F. u. J. Z. Suppl. V Bd. S. 141, der an 300 durch Einschätzung der f'' kubierten Stämmen nur einen durchschnittlichen Fehler von + 0,55% auffand.

**) Dr. G. Heyer, Die Ermittelung der Masse, des Alters und des Zuwachses der Bestände. Dessau 1852.

***) Klauprecht, Holzmeßkunst. Karlsruhe 1846.

für letztere Meßhöhe entsprechende andere Formzahlen anwendet. Allein das wäre nur eine teilweise Hebung der Anstände. Wirksamer wäre schon der von Preßler*) angegebene Ausweg, die f″ zwar nach obiger Tafel zu bestimmen, den Stammdurchmesser jedoch konstant in Brusthöhe abzugreifen und nun die f″ um einen gewissen Prozentsatz, der von der absoluten Scheitelhöhe und der Meßpunktshöhe abhängt, zu korrigieren. Diese Korrektur ist natürlich bei Baumlängen von mehr als dem 20fachen Betrage der wirklichen Meßpunktshöhe negativ, bei solchen, welche kleiner sind, positiv und beträgt z. B. in Prozenten

Bei einer wirklichen Meßpunktshöhe über dem Boden von	Bei einer Scheitelhöhe von m										
	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40
m	Prozente										
0,8	+ 6	+ 4	+ 2	0	− 2	− 4	− 8	—	—	—	—
1,0	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	0	− 4	− 8	—	—	—
1,2	—	—	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4	0	− 4	− 8	− 12	—
1,4	—	—	—	—	+ 10	+ 8	+ 4	0	− 4	− 8	[− 12]

Allein auch durch Einführung dieser Korrektionstafel kann das Verfahren nicht gewinnen, denn es wird hierdurch die Rechnung nur mit neuen und nicht immer fehlerlosen Elementen erweitert**). Dabei bleibt die entschieden unpraktische Notwendigkeit, stets die Höhe messen zu müssen, immer noch bestehen. Der wesentlichste Umstand aber, welcher die weitere Einführung der echten Formzahlen verhindert hat, ist der, daß dieselben keineswegs den regelmäßigen Verlauf und die enge Begrenzung zeigen, welche Preßler früher annahm. Das zeigen die Untersuchungen, welche die forstlichen Versuchsanstalten nebenher bei Ermittelung der Brusthöhenformzahlen angestellt haben, ganz deutlich. Erhebungen dieser Art liegen namentlich von Baur***), Schuberg†) und besonders von Kunze††) vor, von welchen die Resultate des letztgenannten Autors für die drei wichtigsten Holzarten nachstehend im Auszuge wiedergegeben werden sollen:

*) Preßler, Holzmeßkunst. I. Bd. Tafel 16B. Forstl. Hilfsbuch. S. 63. Vergl. hierzu auch Kunze, Holzmeßkunde. Berlin 1873, S. 126.

**) Schaal fand allerdings A. F. u. J.-Z. 1866, S. 203 an 100 alten Kiefern eine sehr gute Übereinstimmung der auf diese Weise berechneten mit den durch direkte Messung gefundenen Formzahlen.

***) Für Fichte, Die Fichte in Bezug auf Ertrag u. s. w. Berlin 1876, S. 70.

†) Für Tanne, Aus deutschen Forsten. Tübingen 1888, S. 46.

††) Für Fichte, Kiefer und Buche, Th. f. J. Suppl. 1881. 1889. 1890.

Echte Formzahlen nach Prof. Dr. Kunze.

d gemessen bei $\frac{1}{20}$ h.	Kronenansatz bei	Altersklassen, Jahre					
		21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121–140
		Schaftformzahlen					
Kiefer	0,75 h u. höher	0,419	0,421	0,426	0,433	0,456	0,462
Th. f. J. Suppl. V	0,55—0,75 h	410	416	428	443	0,450	0,455
1889, S. 6.	0,35—0,55 h	397	398	429	443	—	—
Mittlere Schaftformzahl . . .		**0,410**	**0,418**	**0,427**	**0,438**	**0,453**	**0,459**
Mittlere Baumformzahl . . .		**0,509**	**0,487**	**0,475**	**0,492**	**0,503**	**0,522**
Fichte	0,75 h u. höher	0,517	0,518	0,524	0,523	0,510	0,523
Th. f. J. Suppl. V	0,55—0,75 h	503	512	522	516	508	513
1889, S. 94.	0,35—0,55 h	478	492	511	508	500	502
	0,15—0,35 h	446	461	497	485	460	—
Mittlere Schaftformzahl . . .		**0,494**	**0,509**	**0,521**	**0,517**	**0,507**	**0,514**
Mittlere Baumformzahl . . .		**0,675**	**0,641**	**0,605**	**0,588**	**0,571**	**0,567**
Buche	0,75 h u. höher	0,460	0,458	0,482	—	0,492	0,519
Th. f. J. Suppl. VI	0,55—0,75 h	458	460	474	497	501	490
1890, S. 6.	0,35—0,55 h	444	447	459	461	480	484
	0,15—0,35 h	376	400	441	—	—	—
Mittlere Schaftformzahl . . .		**0,452**	**0,455**	**0,470**	**0,482**	**0,494**	**0,491**
Mittlere Baumformzahl . . .		**0,560**	**0,542**	**0,549**	**0,565**	**0,566**	**0,568**

Mögen auch die absoluten Beträge dieser Zahlen von denen der gleichzeitigen neueren Untersuchungen, z. B. von den Baurschen, etwas abweichen, so ist doch der allgemeine Verlauf bei allen derselbe. Ganz gleichmäßig zeigt sich ein Zunehmen der Schaftformzahlen mit dem Hinaufrücken des Kronenansatzes (bei den Baumformzahlen tritt das Entgegengesetzte ein), regelmäßig erfolgt auch ein Ansteigen mit zunehmendem Alter, das allerdings bei Fichte nur bis zum 80. Jahre anhält. Auch im Verlaufe der echten Baumformzahlen zeigen Kiefer und Buche viel Verwandtes, nämlich mit zunehmendem Alter ein anfängliches Fallen, etwa bis zum 60. oder 80. Jahre, dem dann eine Periode neuen Steigens folgt, während die Fichtenbaumformzahlen gleichmäßig mit dem Älterwerden fallen. Indessen glaubt Kunze, daß — wenigstens was die Kiefer anlangt — das Alter kaum einen Einfluß auf die echte Schaftformzahl ausüben würde, wenn man ein Mittel besäße, die Unregelmäßigkeiten tief liegender Durchmesser zu eliminieren. Im übrigen

hat es sich gezeigt, daß mit dem Aufwärtsrücken des Meßpunktes eine sehr regelmäßig verlaufende Zunahme der Normalformzahlen erfolgt, sowie daß auch Länge und Stärke der Schäfte nicht ohne Einfluß bleiben, so daß auch die echten Formzahlen nicht im stande sind, ein ganz zutreffendes Bild der Stammformen zu liefern. Sie zeigen zwar einen etwas gesetzmäßigeren Verlauf als die unechten, aber immerhin noch so viel Schwankungen, daß der hierdurch erzielte Vorteil nicht genügt, die wesentlich größeren Umständlichkeiten ihrer Ermittelung oder Anwendung aufzuwiegen und uns zu einer allgemeinen Benutzung zu veranlassen.

c) Die absolute Formzahl (f').

Die Brusthöhenformzahlen haben, wie wir oben gesehen, die Ergebnisse, welche man von ihrem systematischen Ausbaue erhoffte, nicht gezeitigt. In ihrer Abhängigkeit von so vielen, und noch dazu nicht immer in dem gleichen Sinne wirkenden Faktoren zeigen sie einen verschlungenen, oft sogar widersinnigen Verlauf, der die Gesetzmäßigkeit im Wachstume der Bäume eher zu verhüllen als klar zu stellen geeignet ist. Unter diesen Komplikationen wird das Verständnis derselben nur leiden und die Sympathie für den ihnen zu Grunde liegenden gesunden Gedanken nur schwinden können, mögen sie auch im übrigen noch so gute Reduktionsfaktoren für Bestandsmassenermittelungen darstellen. Man verlangt eben von ihnen mehr als letzteren Dienst, nämlich auch einen übersichtlichen Verlauf der Zahlenreihen, sowie ein getreues Anschmiegen an die thatsächliche Gestalt der Bäume, und es ist kein Wunder, daß die Angriffe auf das System der unechten Formzahlen sich häufen, je genauer man letztere selbst kennen zu lernen im stande war.

Auch die echte Formzahl hat bei genauerem Zusehen den Erwartungen nicht entsprochen. Ihr Verlauf ist ebenfalls nicht so einfach, wie man es vermuten konnte und der geringe Vorteil in dieser Beziehung vermag bei ihnen, den unechten Formzahlen gegenüber, die vermehrten Umständlichkeiten der Ermittelung und Anwendung nicht auszugleichen.

Unter diesen Umständen gewinnt die genauere Untersuchung der dritten Gruppe von Formzahlen, der absoluten, welche man bei der anfänglichen Aufstellung eines Arbeitsplanes für die forstlichen Versuchsarbeiten als nebensächlich auffaßte, eine erhöhte Bedeutung.

Es liegt ja von vorn herein kein Grund für die Annahme vor, daß dieselben weniger brauchbare Reduktionsfaktoren liefern würden, als die f und f'' und vom Standpunkte der Theorie betrachtet, kommt hierzu die Eigenschaft, daß sie die Form eines gegebenen Kegels unter allen Umständen gleichmäßig in ein und derselben Ziffer, also rein und absolut angeben, wie ja schon aus dem allgemeinen Ausdrucke für dieselben

$$f' = \frac{1}{r+1}$$

hervorgeht.

Praktisch dagegen stellt sich die Sache nicht so einfach, denn derartige Formzahlen sind nur möglich, wenn man sie auf einen Vergleichscylinder bezieht, dessen Grundfläche gleich dem größten Querschnitte des untersuchten Kegels, d. h. ebenfalls der Grundfläche des letzteren gleich ist. Bei den Bäumen aber ist diese wegen des Wurzelanlaufes in den meisten Fällen so unregelmäßig gestaltet, daß man sie unmöglich der Rechnung zu Grunde legen kann. Es muß daher nach einem Mittel gesucht werden, diesen Unregelmäßigkeiten aus dem Wege zu gehen und dieses findet sich in den beiden nachgenannten, schon oben kurz angedeuteten Verfahren.

α) Die absolute Formzahl nach Hans Riniker.

Im Jahre 1873 machte der Oberförster des Kantons Aargau Hans Riniker den Vorschlag*), die Formzahlen nur auf denjenigen Teil des Baumes zu beziehen, welcher oberhalb des Meßpunktes gelegen ist. Der letztere solle in konstanter Höhe vom Boden, über der Zone des Wurzelanlaufes, also etwa in der bisherigen Brusthöhe gewählt werden. Auf diese Weise bekommt man wirklich absolute Grundflächenformzahlen, welche ebenso bequem und sicher wie die unechten sich berechnen lassen. Nur macht sich die Notwendigkeit geltend, den Inhalt des unterhalb des Meßpunktes gelegenen Stammstückes gesondert berechnen zu müssen, was entweder durch direkte Messung nach γl oder durch einen besonders zu berechnenden Reduktionsfaktor erfolgen könnte.

In dieser Notwendigkeit zweier Reduktionsfaktoren liegt sicherlich eine Schwäche des Verfahrens. Die unleugbaren Vorzüge gleichen diese jedoch vollständig wieder aus und es ist zu verwundern, daß dieser Vorschlag fast 20 Jahre liegen bleiben mußte, ehe man ihn ernstlich praktisch zu prüfen unternahm. Riniker selbst teilt nur wenige auf dem Wege der Stammanalyse gewonnene absolute Formzahlen mit, auch v. Guttenberg veröffentlichte**) eine Reihe solcher Einzelzahlen. Im übrigen gebührt besonders dem Oberfm. Weise das Verdienst, immer wieder auf den Wert der absoluten Formzahlen nach Riniker hingewiesen und auch bereits 1881 solche für die Kiefer berechnet zu haben***). Für Fichte teilt Dr. Metzger ähnlich, auf dem Wege der Umrechnung aus unechten, ermittelte Zahlenreihen mit.†) Prof. Dr. Kunze war dann der erste, welcher ausgedehnte Untersuchungen

*) Riniker, Über Baumform und Bestandsmasse. Aarau 1873.

**) Ö. V. 1885, S. 209 und Ö. V. 1888, S. 97.

***) Z. f. F. u. J. 1881, S. 371.

†) M. f. H. 1894, VI. Hft., S. 87.

an dem Zahlenmateriale der Versuchsanstalten vornahm und zunächst für Kiefer und Fichte veröffentlichte.*)

Bei dem vorläufigen Mangel an bezüglichen Veröffentlichungen sei das erwähnte von Weise und Metzger benutzte Umrechnungsverfahren, mit dessen Hilfe unechte in absolute Formzahlen verwandelt werden können, mitgeteilt. Nimmt man an, daß die für die absolute und die unechte Formzahl in Frage kommenden Baumteile ähnlich seien, was allerdings nur näherungsweise zutrifft, so verhalten sich ihre Inhalte wie die 3. Potenzen ihrer Höhen. Diese Höhen sind nun für die unechte Formzahl = h (h = Totalhöhe vom Boden aus, vermindert um die Stockhöhe st), für die absolute = [h — (1,3 — st)]. Es würde sich also die Proportion ergeben:

$$\frac{g\,h\,f}{g\cdot(h-1{,}3+st)\,f'}=\frac{h^3}{[h-1{,}3+st]^3};$$

hieraus

$$f'=f\cdot\frac{[h-1{,}3+st]^2}{h^2}.$$

Nimmt man nun ferner, was zulässig erscheint, die Stockhöhe st im Durchschnitte gleich $\frac{1}{200}$ der Scheitelhöhe, also st = 0,005 h, so vereinfacht sich der Ausdruck weiter zu

$$f'=f\left[\frac{1{,}005\,h-1{,}3}{h}\right]^2.$$

Der Klammerinhalt $\left[\frac{1{,}005\,h-1{,}3}{h}\right]^2$ wird für alle in Frage kommenden Höhen ein für allemal berechnet und beträgt beispielsweise

Für die Scheitelhöhen in Metern											
6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
0,621	0,740	0,805	0,843	0,870	0,889	0,940	0,916	0,925	0,933	0,939	0,949

Von den bisher veröffentlichten, direkt ermittelten absoluten Formzahlen seien noch die Schaftformzahlen für Kiefer und Fichte von Prof. Dr. Kunze auszugsweise wiedergegeben:

*) Th. f. J. 1896, Suppl. VII. (Kiefer) und 1899, Suppl. VIII. (Fichte).

Absolute Schaftformzahlen (f_s') und Reduktionszahlen (ψ) nach Prof. Dr. Kunze.

Holzart	Altersklasse	Durchmesser bei 1,3 m über dem Boden in cm	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Quelle
Kiefer	21— 60 Jahre	$f_s' =$	0,460	0,433	0,421	0,413	0,408	0,405	0,402	—	—	—	—	—	—	Th. f. J. Suppl. VII, S. 23.
		$\psi =$	1,331	1,260	1,229	1,210	1,197	1,188	1,180	—	—	—	—	—	—	
	61—100 "	$f_s' =$	—	0,438	0,426	0,418	0,413	0,410	0,407	0,405	0,403	0,401	0,400	—	—	
		$\psi =$	—	1,284	1,241	1,215	1,198	1,185	1,175	1,167	1,160	1,154	1,149	—	—	
	101—140 "	$f_s' =$	—	—	0,445	0,437	0,431	0,427	0,424	0,421	0,419	0,417	0,416	0,415	0,413	
		$\psi =$	—	—	1,205	0,183	1,167	1,156	1,147	1,140	1,135	1,130	1,126	1,122	1,119	
Fichte		Bedeutung der Kopfzahlen bei Fichte für f_s' wie oben, für ψ aber Baumhöhe in m!														Th. f. J. Suppl. VIII, S. 22.
	21— 40 Jahre	$f_s' =$	0,479	0,468	0,457	0,445	0,434	—	—	—	—	—	—	—	—	
		$\psi =$	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120	—	—	—	—	—	—	—	—	
	41— 60 "	$f_s' =$	0,510	0,499	0,488	0,477	0,465	0,454	0,443	—	—	—	—	—	—	
		$\psi =$	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120	1,120	—	—	—	—	—	—	—	
	61—140 "	$f_s' =$	0,527	0,516	0,505	0,494	0,482	0,471	0,460	0,449	0,437	0,426	0,415	0,404	0,392	
		$\psi =$	—	1,078	1,103	1,128	1,153	1,177	1,202	1,227	1,252	—	—	—	—	

Betrachtet man den Verlauf dieser Zahlen, so fällt — wenn sie auch ausgeglichene Werte darstellen — ihr regelmäßiger Verlauf in die Augen. Übereinstimmend zeigt Fichte und Kiefer eine Abnahme der Vollformigkeit mit steigendem Durchmesser innerhalb derselben Altersklasse, sowie eine Erhöhung mit dem zunehmenden Alter bei gleichem Durchmesser. Ein Einfluß der Höhe ließ sich, wie man ja erwarten mußte, nicht nachweisen, vielmehr schien es wahrscheinlich, daß die namentlich bei jungen Fichten beobachteten Abweichungen nicht mit einer Höhenänderung zusammenhingen, sondern Verschiedenheiten im Kronenansatze zuzuschreiben waren.

Verschieden bei beiden Holzarten verhält sich dagegen die Reduktionsziffer ψ. Dieselbe nimmt bei Kiefer mit zunehmendem Alter und Durchmesser ab, darf dagegen bei Fichten bis zum 60. Jahre als konstant (= 1,120) angesehen werden und zeigt bei älteren die Erscheinung, daß gesteigertem Längenwachstume auch ein gesteigerter Zuwachs des Schaftfußes entspricht.

Die Anwendung der f′ erfolgt in derselben Weise wie die der f, nur daß wegen der gesonderten Berechnung des unteren Schaftteiles ein etwas größerer Zeitaufwand erforderlich ist.

Im Einzelfalle kann man sich die absolute Schaftformzahl näherungsweise mit Hilfe des S. 221 angegebenen Schaalschen Verfahrens (man beachte dabei die richtige Wahl für die Höhen!) verschaffen. Bequem ist auch die von Strzelecki angegebene Methode

$$f_s' = \frac{\delta}{d} 0{,}707,$$

welche für das Paraboloid die absolute Schaftformzahl ergiebt, sofern man unter d den Durchmesser am unteren Ende und unter δ den Mittendurchmesser des untersuchten Stammstückes versteht. Es ist nämlich

$$f_s' = \frac{v}{w} = \frac{\frac{\pi}{4}\delta^2 h}{\frac{\pi}{4} d^2 h} = \frac{\delta\,\delta}{d\,d}$$

oder da beim Paraboloid

$$\frac{\delta}{d} = \sqrt{\frac{1}{2}} = 0{,}707$$

ist,

$$f_s' = \frac{\delta}{d} \cdot 0{,}707.$$

β) Bodenhöhenformzahlen von Prof. Speidel.

Die gegen die Rinikerschen absoluten Formzahlen zu erhebenden Einwendungen, daß durch die Benutzung zweier Reduktionsfaktoren für einen Stamm der Arbeitsaufwand vermehrt werde und daß die Weglassung des

stets gleich langen Unterbaumes die Formzahl bei kurzen Stämmen in anderer Weise beeinflussen müsse als bei langen, veranlaßten Prof. Dr. Speidel eine andere, von ihm Bodenhöhenformzahl genannte, Reduktionsziffer in Vorschlag zu bringen*).

Er geht von dem richtigen Gedanken aus, daß für eine absolute Formzahl der unterste, größte Querschnitt, also die Stammgrundfläche am Stockabschnitt der Idealwalze zu Grunde gelegt werden müsse und findet dieselbe, befreit von den Unregelmäßigkeiten des Wurzelanlaufes, indem er sie aus dem Brusthöhendurchmesser unter Voraussetzung der Paraboloidform der Baumschäfte berechnet. Eine so gewonnene Formzahl wäre im eigentlichen Sinne eine absolute und hätte vor der Rinikerschen den Vorzug, den Inhalt eines Baumschaftes mit einer einzigen Rechnungsoperation zu geben. Ihre Ermittelung wäre auch nicht so umständlich, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag. Denn wenn man die Umwandlungsfaktoren für alle vorkommenden Brusthöhendurchmesser (unter Berücksichtigung der Stockhöhen und Scheitelhöhen) in Bodengrundflächen einmal ausgeführt hat, so lassen sich letztere aus entsprechend eingerichteten Tabellen mit derselben Leichtigkeit ablesen, wie jetzt die Brusthöhenquerflächen. Prof. Speidel giebt selbst a. a. O. eine solche Tafel, abgestuft nach cm für die Durchmesser und m für die Höhen.

Schwerer wiegt der Einwand, daß man zur Ermittelung dieser Formzahl die Scheitelhöhe braucht, einen Faktor, dessen Benutzung bei der Bestimmung absoluter Formzahlen ja gerade erspart werden soll. So mag wohl dieser Umstand — ganz abgesehen von der zu verneinenden Bedürfnisfrage — die Hauptursache sein, daß man sich bisher für diese Formzahlart in weiteren Kreisen nicht erwärmt hat.

Anmerkung. Eine gewisse Verwandtschaft mit den absoluten Formzahlen weisen die Burckhardtschen Ausbauchungsreihen auf. Diese geben die oberen Durchmesser von 5 zu 5 Fuß Höhenabstand im Prozentsatz des bei 5 Fuß gemessenen Brusthöhendurchmessers an, stellen also den Verlauf der Stammkurve dar. Sie sind noch heute praktisch wertvoll, weil man dort, wo die Zugehörigkeit der Stämme zu den einzelnen Sortimentsklassen von der Stärke in bestimmten Höhen abhängt, diese mit ihrer Hilfe leicht erkennen kann. Sie finden sich bei Burckhardt, „die Fichte und Kiefer in Bezug auf Form und Inhalt, Hannover 1856" und in dessen „Hilfstafeln für Forsttaxatoren. Hannover 1878".

d) Die Formhöhe.

Unter Formhöhe versteht man das Produkt aus einer Formzahl und der zugehörigen Scheitelhöhe, also hf. Die Bildung dieses Faktors soll dazu dienen, die Anwendung der Formzahlen zur Stammkubierung bequemer zu gestalten. Diese Formhöhen lassen sich in einer übersichtlichen

*) A. F. u. J. Z. 1894, S. 311.

Tafel mit nur zwei Eingängen, für f und h, zusammenstellen. Aus einer solchen hat man dann nur die entsprechende Zahl für hf abzulesen, um sodann den gesuchten Inhalt eines Stammes ohne alle Rechnung in einer gewöhnlichen Walzentafel als Produkt der Querfläche g × Formhöhe hf aufzufinden.

Eine Anschauung über die Größe dieses Betrages kann man sich verschaffen, wenn man sich den Cylindermantel der Idealwalze fest vorstellt und den Inhalt des darin eingeschlossenen Stammes verflüssigt denkt. Dann füllt die Flüssigkeit nur einen Teil jenes cylindrischen Gefäßes aus und die Höhe der Flüssigkeitssäule ist eben die Formhöhe. Multipliziert man also letztere mit der Grundfläche des Cylinders, so muß man das Volumen des flüssig gedachten Stammes erhalten.

Umgekehrt würde man natürlich auch die Formzahl aus der Formhöhe berechnen können, wenn man die Scheitelhöhe kennt.

Das Verfahren rührt von König her (Forstmathematik. 1864, S. 335), welcher statt Formhöhe das Wort Gehaltshöhe und für den ausgefüllten Teil des Cylinders den Ausdruck Gehaltswalze, anfänglich auch Richthöhe und Richtcylinder, anwendete. Nach den internationalen Vereinbarungen soll jedoch die Bezeichnung Richthöhe nur im Sinne Preßlers für die Höhe des halben Brustdurchmessers gebraucht werden, es ist daher für das Produkt hf nur das Wort Formhöhe zu verwenden.

4. Inhaltsermittelung nach Massentafeln.

Unter einer Massentafel versteht man eine Tabelle, in welcher der durchschnittliche Inhalt eines einzelnen Stammes oder Baumes, geordnet nach Alter, Durchmesser und Scheitelhöhe angegeben ist.

Eine derartige Zusammenfassung zu Durchschnittswerten ist statthaft, weil Bäume, welche in den angegebenen drei Richtungen übereinstimmen, im allgemeinen auch in ihrem Inhalte nicht weit auseinander gehen. Trotz alledem wird man aber mit ihrer Hilfe den Inhalt eines Einzelbaumes nur zufällig genau, möglicherweise aber sogar mit einem ganz erheblichen Fehler bis zu 10 oder 15 % erhalten. Sie sind aber auch nicht für diesen Zweck bestimmt, sondern sollen zur Inhaltsermittelung ganzer Bestände dienen und werden daher auch erst an späterer Stelle eingehender besprochen werden. Von den Formzahlen gilt ja etwas Ähnliches. Aber die Methode der Formzahlkubierung läßt die Möglichkeit bestehen, die specielle Formzahl des betreffenden Einzelstammes selbständig zu ermitteln und diese zur Kubierung zu verwenden, was bei der Anwendung von Massentafeln nicht angängig ist. Einen Wert hat also das letztere Verfahren nur in ganz beschränktem Umfange, etwa zur Kontrolle von Okularschätzungen.

Die Anwendung der Massentafeln bietet keine Schwierigkeiten. Man hat nur Scheitelhöhe und Brustdurchmesser zu ermitteln, auch das Alter an-

nähernd festzustellen und liest dann in der Tafel an der bezüglichen Stelle den Bauminhalt einfach ab. Wegen der Auswahl einer solchen Tafel sei auf die S. 208 angegebenen Veröffentlichungen über Formzahlen und Massentafeln, insbesondere aber auf die „Hilfstafeln zur Inhaltsbestimmung von Bäumen und Beständen der Hauptholzarten, herausgegeben nach den Arbeiten des Ver. forstl. Vers. Anst., Berlin 1898", hingewiesen.

5. Okularschätzung und Näherungsverfahren.

Durch fleißiges Üben im Ansprechen des Stamminhaltes und nachheriges Vergleichen mit den Resultaten genauer Messung kann man sich die Fähigkeit aneignen, die Masse eines Schaftes oder Baumes mit einiger Sicherheit zu schätzen. Manche besonders veranlagten Personen, insbesondere Waldarbeiter, welche viel Gelegenheit hierzu haben, werden sich unter Umständen sogar eine auffallende Sicherheit aneignen können. Doch darf man mit Kohli*) getrost jeden zu den ausgezeichneten Schätzern rechnen, welcher bei der Abschätzung stehender Bäume niemals einen größeren Fehler als 10% begeht.

Eine solche Okularschätzung läuft aber immer bewußt oder unbewußt auf die Anwendung irgend einer genauer arbeitenden Methode, wie des Formzahl-, Massentafel- oder Richtpunktsverfahrens hinaus und die meisten Taxatoren pflegen die Faktoren, welche die Masse bestimmen, also Durchmesser, Höhe, Formzahl u. s. w. einzeln schätzungsweise zu ermitteln und sich hiernach den Inhalt im Kopfe auszurechnen. Seltener und meist nur bei alten Holzhauern wird man auf ein direktes Ansprechen der Masse nach dem Totaleindrucke stoßen, aber auch hier wirken jene Faktoren, wenn auch ohne zum positiven Bewußtsein zu kommen, ausschlaggebend ein.

So kommt also die Okularmassenschätzung auf das Taxieren von Höhe, Formzahl und Durchmesser hinaus.

Wegen der näherungsweisen raschen Ermittelung von Höhe oder Richthöhe, sowie der Formzahl, kann auf das bereits früher Gesagte verwiesen werden. Brusthöhendurchmesser kann man direkt mit einem kleinen Meßbande, das ein praktischer Forstmann ununterbrochen bei sich tragen sollte, unschwer ermitteln. Für bloße Durchmesserschätzung empfiehlt Kohli a. a. O. 176, sich regelmäßig acht Schritt vom Baume entfernt aufzustellen. Es ist dabei zu merken, daß der Durchmesser eines Stammes mit sehr glatter Rinde länger als bei rauher, und mit sehr heller Rinde länger als bei dunkler Rinde erscheinen wird. Demgemäß müßte auch bei hellem Sonnenlichte ein zu großer Durchmesser geschätzt werden. Umgekehrt bewirken Hindernisse, wie über-

*) Kohli, Anleitung zur Abschätzung stehender Kiefern nach Massentafeln und nach dem Augenmaß. Berlin 1861, S. 178. Übrigens ein für die Okularschätzung sehr lesenswertes Buch!

hängende Äste und dergleichen, regelmäßig ein Unterschätzen und im gleichen Sinne wirken stark abfallende Formen, namentlich beim Schätzen höher gelegener Durchmesser. Ganz wesentlich aber ist die Gewöhnung des Schätzers an bestimmte Holzarten und Wuchsverhältnisse, auch an Terrain und Neigung, sodaß beim Übergang in andere Bedingungen regelmäßig zunächst beträchtliche Fehler entstehen müssen. Allerdings gleichen sich die Fehler in der Summe des Inhalts einer größeren Anzahl von Stämmen meist etwas wieder aus, so daß die Anwendung der Okularschätzung für ganze Bestände unter bestimmten, günstigen Umständen selbst für eine moderne Forstwirtschaft noch zulässig erscheint.

Ausgedehnte Untersuchungen über die Ergebnisse einer sorgfältigen Okularschätzung liegen von Ihrig*) vor, deren Resultate das Vorstehende nur bestätigen.

Auffallend sichere Ergebnisse wird man dagegen erhalten, wenn man das von dem Forstm. Denzin schon 1875 angewendete, aber erst F. Bl. 1884, S. 399 und 1885, S. 122 veröffentlichte einfache Näherungsverfahren anwendet.

Denzins Verfahren. Nach dieser Methode hat man den Brusthöhendurchmesser in Centimetern zu ermitteln und daraus den Schaftinhalt in Festmetern nach der Formel

$$v_s = \frac{d^2}{1000}$$

zu berechnen. Das Resultat

ist genau giltig für eine Länge		bei Ki von 30 m	Fi 26 m	Ta 25 m	Bu u. Ei 26 m
Für jeden lauf. Meter	mehr sind zu addieren	3%	3%	3%	5%
	weniger „ „ subtrahieren	3%	4%	4%	5%

In einer Formel ausgedrückt, würde also z. B. bei Kiefer zu schreiben sein

$$v_s = \frac{d^2}{1000}\left[1 + (h - 30)\,0{,}03\right].$$

Der Beweis ist sehr einfach. Drückt man den Brusthöhendurchmesser in Centimetern aus, so muß man, um den Inhalt in Festmetern zu erhalten, die Inhaltsformel für die Formzahlmethode schreiben

$$v_s = \frac{\pi}{4}\,\frac{d^2}{100 \cdot 100} \cdot h \cdot f_s.$$

Soll nun der Inhalt gleichzeitig auch sein $v_s = \frac{d^2}{1000}$, so muß gelten

$$\frac{d^2}{1000} = \frac{\pi}{4}\,\frac{d^2}{10000} \cdot h \cdot f_s;$$

*) A. F. u. J. Z. Suppl. III, S. 66

oder

$$hf_s = \frac{40}{\pi} = 12{,}74.$$

Für alle Schäfte, deren Formhöhe zufällig gleich 12,74 iſt, wird alſo die Formel $\frac{d^2}{1000}$ den richtigen Inhalt angeben. Das trifft aber, wie eine leichte Probe zeigt, annähernd bei den angegebenen Höhen zu.

Anmerkung. Zwei andere in Frankreich gebräuchliche Schätzungsverfahren ohne Bedeutung ſind angegeben Ö. V. 1890, 149 und Rev. 1890, 86.

6. Ermittelung der Aſt- und Stockholzmaſſen.

Von den im vorſtehenden beſprochenen Methoden zur Inhaltsermittelung ſtehender Bäume geſtattet nur das Formzahl- und das Maſſentafelverfahren eine direkte Ermittelung der Aſt- beziehungsweiſe der Reiſigmaſſen, welche ſich einfach als Differenz der Baummaſſen und der Schaft- bezw. Derbholzinhalte darſtellen. Allerdings ſind die Schaftformzahlen und Schaftmaſſen nicht für alle Holzarten berechnet worden, indeſſen ſtimmen ſie bei älteren Nadelhölzern (mit Ausnahme der Kiefer) faſt vollſtändig mit den Zahlen für das Derbholz überein, ſodaß man ohne großen Fehler mit der angegebenen Beſchränkung die letzteren zur Beſtimmung des Aſtholzes verwenden kann.

Soweit dies aber nicht angängig erſcheint und ſoweit das Ermittelungsverfahren ſelbſt ein anderes iſt, macht ſich auch eine geſonderte Berechnung des Aſt- und Stockholzes nötig, und zwar erfolgt dieſe, um es im voraus kurz zu ſagen, auf Grund von Erfahrungszahlen im Prozentſatze der Geſamtmaſſe oder des Derbholzes. Auf demſelben Wege werden auch, was für die Praxis manchmal wichtig ſein kann, die Sortimentsverhältniſſe berechnet.

Bei den großen individuellen Unterſchieden der Bäume gerade in Bezug auf Aſtholzgehalt können allgemeine Durchſchnittszahlen hier noch viel weniger Anwendung finden als bei der Stammkubierung. Es macht ſich alſo eine Korrektur derſelben nach den Umſtänden des Einzelfalles nötig, welche letzteren innerhalb der einzelnen Holzart im Kronendurchmeſſer und Kronenanſatz ihren weſentlichſten Ausdruck finden. Dieſe aber ſind Funktionen des Schlußgrades und des Alters und dadurch indirekt auch der Höhe und des Durchmeſſers.

Preßler brachte dieſe Beziehungen in eine mathematiſche Form, indem er folgendes Geſetz der Aſtmaſſe aufſtellte*).

„Wenn (unter ſonſt gleichen Umſtänden) der Kronenanſatz in einer „arithmetiſchen Reihe 1. Ordnung aufwärts rückt, ſo nimmt das entſprechende „Aſtmaſſenprozent (in Prozenten des Stamminhaltes) nahezu in einer „Reihe 2. Ordnung ab.

*) Preßler. Geſetz der Stammbildung. Leipzig 1865, S. 112.

Er gab hiernach folgende

Tafel der Astmassenprozente.

Beim Kronenansatze in	In Prozenten des Stamminhaltes			
	Fichte (Tanne)	Kiefer	Buche	Birke
0,9 h	5	5	6	3
0,8 h	9	11	11	6
0,7 h	14	19	17	10
0,6 h	20	29	24	16
0,5 h	27	41	32	24
0,4 h	35	55	42	(34)
0,3 h	45	(71)	55	(46)
0,2 h	55	(89)	71	(60)

Hierzu sei bemerkt, daß diese Zahlen bei Nadelholz einschließlich Nadeln, beim Laubholz ohne Blätter zu verstehen und für junge Hölzer etwas höher, für sehr alte und für gedrängten Schluß etwas niedriger anzusetzen sind. Die eingeklammerten Zahlen sind auf rechnerischem Wege erhalten worden.

Neuere Untersuchungen über Astmassen liegen insbesondere von Kunze vor, die meisten Massen- und Ertragstafeln geben nur Reisigprozente an, aus denen man im Notfalle mit entsprechender Vorsicht auf die Astmasse schließen kann.

Wie weit die Preßlerschen Zahlen mit den neueren Untersuchungen übereinstimmen, wolle man aus folgenden Zahlen ersehen, welche den ausführlicheren Untersuchungen von Prof. Kunze (Th. f. J. Suppl. V, S. 30, 122 und VI, S. 7) entnommen sind.

Astholzgehalte nach Prof. Dr. Kunze.

Holzart	Alter	Astholzgehalt in Prozenten des Schaftinhaltes bei einem Kronenansatze in							
		0,9 h	0,8 h	0,7 h	0,6 h	0,5 h	0,4 h	0,3 h	0,2 h
Kiefer	21—60	7	13	20	28	37	47	—	—
	61—140	7	10	14	17	21	—	—	—
Fichte	21—40	23	25	29	35	42	51	61	73
	41—60	15	18	22	28	35	44	55	67
	61—100	9	11	14	17	21	25	30	—
	100—140	5	7	10	14	18	23	28	—
Buche	—	11	12	14	18	23	29	35	44

Die Menge des Wurzel- und Stockholzes unterliegt großen Schwankungen. Für unsere Zwecke kann nur die wirtschaftlich verwertbare Menge in Frage kommen, diese aber ist in hohem Maße von der Stockhöhe abhängig.

Im großen Durchschnitte aber kann man bei guter Ausnutzung einen Ertrag von 10—20 Prozent der oberirdischen Holzmasse annehmen, oder auch auf 1 fm Gesamtmasse 0,25 rm Stockholz rechnen.

Die Verhältniszahlen für die Ausbeute an den verschiedenen Sortimenten sollen, da sie für die Inhaltsermittelung einzelner Bäume weder bestimmt noch auch besonderes Bedürfnis sind, an geeigneter Stelle später ihre Erwähnung finden.

Druck von E. Haberland in Leipzig-R.

Dritter Teil.

Inhaltsermittelung des ganzen Bestandes.

Allgemeine Vorbemerkungen.

Die Holzmasse eines Bestandes setzt sich zusammen aus den Inhalten der einzelnen Bäume, welche ihn bilden. Es ist daher denkbar, und bei kleinen Beständen auch ausführbar, dieselbe durch Ermittelung und Addition sämtlicher Einzelinhalte zu bestimmen. In den weitaus meisten Fällen aber stünde das Resultat eines derartigen Ermittelungsverfahrens nicht im Verhältnisse zu der aufgewendeten Zeit und Mühe, und je mehr und je häufiger ein entwickelter Forstbetrieb möglichst genaue Bestandsaufnahmen verlangt, desto lebhafter tritt auch das Bedürfnis nach anderen, möglichst kurzen und dabei doch hinreichend genauen Ermittelungsmethoden auf.

Am raschesten werden hierbei immer solche Verfahren arbeiten, welche auf die genaue Messung der bei der Inhaltsermittelung nötigen Größen Verzicht leisten und diese Faktoren mehr oder minder summarisch auf dem Wege der Schätzung erheben. Wir fassen alle derartigen Verfahren im nachfolgenden unter den Schätzungsmethoden zusammen, wobei sich je nach der Art des angewendeten Schätzungsprinzipes und der dabei benutzten Hilfsmittel eine ganze Reihe verschiedener Variationen ergeben wird. Man könnte z. B. die Einzelbäume abschätzen, oder den Bestand in kleinere Flächen zerlegen und diese abschätzen, man könnte diese Schätzungen rein okulariter oder unter Benutzung von Hilfstabellen und Erfahrungszahlen ausführen. Auch diejenigen Verfahren, welche auf dem Wege bloßer gutachtlicher Schätzungen solche Teile eines Bestandes heraussuchen, die seine durchschnittliche Beschaffenheit zu repräsentieren scheinen (Probeflächen), und welche dann von dem auf irgend einem Wege durch Schätzung oder auch genaue Messung ermittelten Inhalte dieser Probeflächen auf den Inhalt des ganzen Bestandes schließen, müssen logischerweise auch zu diesen Schätzungsmethoden gerechnet werden.

Wenn auch ein rationell durchgebildetes und angewendetes Schätzungsverfahren unter günstigen Umständen, wie insbesondere Gleichmäßigkeit und

Einfachheit der Bestandsbilder oder hervorragendes Geschick des Taxators, recht gute, die genaue Messung sogar erreichende Resultate geben kann, so wird diesen Methoden aber immer etwas recht Wichtiges abgehen, nämlich jeder Anhalt über die Größe des möglicherweise begangenen Fehlers, ein Übelstand, der nicht nur einen theoretischen Mangel darstellt, sondern auch praktisch zu Unzuträglichkeiten führen kann.

Diesen Schätzungsmethoden stehen die Messungsmethoden gegenüber, welche alle die Masse bildenden Faktoren, wie Zahl, Durchmesser, Höhe und Form sämtlicher Stämme, so gut es angeht, durch sorgfältige Messung feststellen. Freilich wird man darauf verzichten müssen, alle diese Bedingungen auch an jedem einzelnen Baume zu messen, denn sonst käme man ja wieder auf jenen umständlichen Weg, von dem wir oben ausgegangen sind, zurück. Aber das ist auch unbeschadet der Genauigkeit ganz gut zulässig, denn in jedem Bestande lassen sich Stammgruppen ausscheiden und zusammenfassen, deren Einzelindividuen nach Durchmesser und Höhe übereinstimmen und von denen man auch, annähernd wenigstens, gleichmäßige Formen voraussetzen darf. Es wird dann genügen, in jeder solchen Gruppe nur einen oder einige Stämme (Probestämme, Musterstämme) zu messen und zu kubieren und alle anderen mit demselben Inhalte anzusetzen. Wie weit man hierbei in der Zusammenfassung der Gruppen geht, ist Sache besonderen Übereinkommens, an der Thatsache, daß alle Messungen nur am Probestamme stattfinden, wird hierdurch nichts geändert. Es ist also eine jede Bestandsmassenermittelungsmethode mit Messung auf die Benutzung von Probestämmen angewiesen. Ein anderer Weg ist nicht denkbar, und es ist daher auch nicht zulässig, diese Methoden in solche mit und in solche ohne Probestämme einzuteilen. Auch die Verschiedenheit der Wege, auf denen man zum Inhalte dieser Probestämme, bezw. zur Kenntnis der hierbei maßgebenden Daten gelangt, kann keinen Unterschied der Massenermittelungsmethoden abgeben. Von der Verschiedenheit der Kubierungsmethode hängt lediglich die größere oder geringere Genauigkeit des Resultats, zum Teil auch die Bequemlichkeit der Arbeit ab. Der leitende Gedanke bei der Aufstellung eines Systems der Massenermittelungsmethoden kann vielmehr nur in dem Prinzipe gefunden werden, nach welchem man die Stämme eines Bestandes zu Gruppen vereinigt, in der Absicht, sie durch einen (oder mehrere) gemeinsamen Repräsentanten, den Probestamm darstellen zu können.

Man kann hierbei ausgehen unmittelbar von den durch die Kluppierung gewonnenen Durchmesserstufen, man kann weiter, von verschiedenen Gesichtspunkten geleitet, die Durchmesserstufen vereinigen zu Durchmesserklassen, und man kann schließlich auch den ganzen Bestand in eine einzige Klasse zusammenfassen und für diese einen Bestandsmittelstamm aufsuchen.

Einen weiteren Einteilungsgrund findet man in dem Umstande, daß in dem einen Falle der Probestamm in seinen Dimensionen nicht nur berechnet, sondern auch im Bestande selbst aufgesucht und liegend oder stehend kubiert wird (reelle Probestämme), während im zweiten Falle nur einzelne seiner Eigenschaften (Durchmesser, Höhe, Formzahl u. s. w.) festgestellt und zur weiteren Berechnung benutzt werden, ohne daß ein konkreter Stamm hierfür thatsächlich im Bestande ausgesucht würde (ideelle Probestämme).

Zur Bildung der letzten Unterabteilungen kann man dann auf die verschiedenen Kubierungsmethoden zurückgreifen, welche dem Verfahren häufig sein charakteristisches äußeres Gepräge verleihen.

Es soll hiernach im nachstehenden folgendes System innegehalten werden:

System der Bestandsmassenermittelungsmethoden.

I. Messungsmethoden.
- A. Inhaltsermittelung nach Durchmesserstufen.
  - a) Gleichmäßige Verteilung der Probestämme.
    - α) Reelle Probestämmme.
      1. Fällung, Kubierung im Liegen.
      2. Stehende Kubierung.
    - β) Ideelle Probestämme.
      1. Inhaltsermittelung nach allgemeinen Massentafeln.
      2. „ nach allgemeinen Formzahlen.
      3. „ nach lokalen Massentafeln.
  - b) Proportionale Verteilung der Probestämme (Draudtsches Prinzip), Kubierung der Probestämme wie unter a).
- B. Inhaltsermittelung nach Durchmesserklassen.
  - a) Beliebige Abgrenzung der Klassen.
  - b) Anwendung des Draudtschen Prinzipes (A. b).
    1. Klassen ungleicher Stammzahl.
    2. „ gleicher Stammzahl.
    3. „ gleicher Stammgrundfläche.
- C. Inhaltsermittelung nach dem Bestandsmittelstamme.
  - a) Der Mittelstamm als Repräsentant der Masse.
  - b) „ „ „ „ eines Inhaltsfaktors.

II. Schätzungsmethoden.
- A. Teilweise Schätzung nach Probeflächen.
- B. Vollständige Schätzung.
  - a) Stammweise Schätzung.
  - b) Flächenweise Schätzung.

Erster Abschnitt.

Die Bestandsmassenermittelung durch Messung.

Erstes Kapitel.

Ermittelung der Stammzahl, der Durchmesser und der Höhen.

Die Bestandsmassenermittelung durch Messung setzt die Kenntnis der Zahl der einzelnen Stämme, sowie der zur Inhaltsermittelung erforderlichen Dimensionen von sämtlichen Stämmen voraus. Die Erhebung dieser Daten bezeichnet man mit dem Worte Bestandsaufnahme im engeren Sinne. Dieselbe umfaßt also als besondere Aufgaben: Die Messung der Durchmesser, der Höhen und der Formverhältnisse, sowie die damit zusammenhängenden Berechnungen, während das Auszählen der Stämme nebenher und gleichzeitig mit der Durchmesserermittelung erfolgt.

Was zunächst die Feststellung der Formverhältnisse anlangt, so wird man bei den Bäumen eines und desselben Bestandes, welche in der Regel unter gleichmäßigen Bedingungen erwachsen zu sein pflegen, im allgemeinen auch Übereinstimmung der Form voraussetzen und störende Formdifferenzen nur dann vermuten dürfen, wenn auch erhebliche Differenzen in Höhen und Durchmessern, wie sie sich namentlich in ungleich alten Beständen zeigen, vorliegen. Aber auch dann werden Höhen und Durchmesser meist in gesetzmäßiger Form verbunden sein, sodaß es erlaubt erscheint, innerhalb eines Bestandes wenigstens gewisse Stammgruppen zu einer Formklasse zu vereinigen, deren Form dann an einem oder einigen Vertretern festgestellt werden darf. In welcher Weise dies geschieht, wolle man aus den unten folgenden Ausführungen über Probestämme entnehmen.

Die Ermittelung der Höhen erfolgt an gefällten Bäumen oder mit Hilfe der gebräuchlichen Höhenmesser. Es ist hierbei rätlich, für alle unterschiedenen Stammstärken nicht nur eine, sondern mehrere Höhenmessungen vorzunehmen, und hierbei nicht nur die Bestandsränder, sondern auch vornehmlich das Bestandsinnere zu berücksichtigen, um möglichst unter verschiedenen Bedingungen erwachsene Individuen in Betracht zu ziehen. Nur auf diesem Wege ist es möglich, festzustellen, ob in einem Bestande Höhenklassen ausgeschieden werden müssen, d. h. ob Bäume bei gleichem Durchmesser in ihrer Höhe erhebliche Unterschiede aufweisen. Geringere Höhendifferenzen als etwa von 4—5 m zu berücksichtigen, ist nicht erforderlich, auch wird die Zahl der Höhenklassen drei kaum übersteigen und in den meisten Fällen dürften schon zwei genügen. Am häufigsten liegen solche Verhältnisse noch bei ungleichmäßigen, oft wechselnden Standortsverhältnissen, sowie in plenterartig bewirtschafteten Waldungen, auch im Mittelwalde vor, im allgemeinen aber pflegt

sich, namentlich bei geregeltem Durchforstungsbetriebe, die Ausscheidung von besonderen Höhenklassen nur selten als unvermeidbar zu erweisen.

Ist die Zahl der Stärkestufen, deren Höhe ermittelt werden muß, sehr groß, so genügt es, nur eine Anzahl derselben specieller zu untersuchen, die Höhen der übrigen aber auf dem Wege der Interpolation zu bestimmen, am bequemsten graphisch, indem die gefundenen Höhen auf eine Abscissenaxe, welche die Durchmesser repräsentiert, aufgetragen und die Endpunkte dieser Linien durch eine ausgeglichene Kurve in bekannter Weise verbunden werden.

Den wichtigsten und die meiste Zeit in Anspruch nehmenden Teil der Bestandsaufnahme bildet die **Ermittelung** der **Durchmesser** bezw. der Bestandsgrundfläche, die **Bestandskluppierung**.

Bevor man mit dieser Arbeit beginnt, hat man den Bestand zu durchgehen, um die auftretenden Holzarten, die vorkommenden größten und kleinsten Durchmesser derselben, sowie die den einzelnen Durchmesserstufen zugehörigen Höhen in der vorstehend besprochenen Weise zu bestimmen.

Diese Vorarbeiten sind erforderlich, um dem Gange der nun folgenden Arbeit Sicherheit zu verleihen, insbesondere auch, um das **Aufnahmeheft** (Aufnahmsliste, Manual) entsprechend einrichten zu können.

Ist dies geschehen, so beginnt das eigentliche **Kluppieren**, wozu ein Anschreiber mit einem oder zwei Kluppenführern erforderlich ist. In übersichtlichen lichten Althölzern können sogar drei Kluppenführer beschäftigt werden. Als Meßinstrument benutzt man ausschließlich die **Kluppe**, weil Baumzirkel und Meßband viel zu umständlich und dabei fehlerhaft arbeiten würden. Außerdem haben sich die Arbeiter noch mit einem **Baumreißer** oder einem Stück Kreide zum Markieren der gemessenen Stämme und mit einem **Maßstock** von bestimmter Länge (1,3 m) zu versehen. An die Stelle des letzteren wird jedoch bei gewöhnlichen Aufnahmen bequemer nur eine Marke (Kreidestrich u. s. w.) an der Person des Messenden selbst in der vorgeschriebenen Höhe angebracht, während bei allen eine größere Präzision erfordernden Messungen die Meßhöhe sorgfältig abgemessen, unter Umständen auch am Stamme dauerhaft bezeichnet werden muß.

Die Kluppenführer messen die einzelnen Stämme, indem sie, im Abstand einiger Meter neben einander gehend, den Bestand möglichst in parallelen Strichen durchwandern. Der Anschreiber bewegt sich hinter ihnen her, um sie beobachten, insbesondere auch auf vergessene oder doppelt gemessene Stämme aufmerksam machen zu können. Zur Vermeidung derartiger Fehler ist es zweckmäßig, alle im Bestande sichtbaren Abgrenzungen, wie Wege, Gräben, Fußpfade u. s. w. beim Vorwärtsschreiten zu berücksichtigen. An Berghängen bewegt man sich horizontal, am besten auch am unteren Ende beginnend, weil sich dann das gemessene Stück von oben her besser übersehen läßt.

Die Messung erfolgt nach den S. 52 angegebenen Regeln, indem der

Arbeiter den festen Schenkel der Kluppe mit der linken, den beweglichen mit der rechten, nebenbei auch den Baumreißer haltenden Hand erfaßt und die Kluppe horizontal in der vorgeschriebenen Höhe von 1,3 m unter Benutzung des Maßstockes oder der Brustmarke anlegt. Für den Baumreißer hat sich die in Abb. 109 dargestellte Form, welche bequem in der Hand liegt, nicht besonders festgehalten zu werden braucht und zugleich die Hand vor Verletzungen beim Anreißen der Rinde schützt, am meisten bewährt. Die letzte vor dem beweglichen Schenkel sichtbare Ziffer des Kluppenlineals wird laut ausgerufen und vom Anschreiber am besten, um Hörfehler zu vermeiden, wiederholt und dann notiert. Jeder gemessene Stamm wird mit Baumreißer oder Kreide gezeichnet und zwar auf der Seite, nach welcher man sich bewegt, damit diese Zeichen beim Kluppen des nächsten Streifens, der ja in umgekehrter Richtung durchgangen wird, sofort in die Augen fallen.

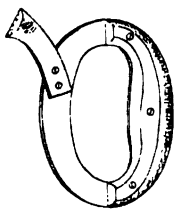


Fig. 109.

Machen erhebliche Höhendifferenzen die Ausscheidung mehrerer Höhenklassen notwendig, so muß der Anschreiber, ehe er die ausgerufene Durchmesserzahl einträgt, jeden Stamm erst in seine Höhenklasse einschätzen und danach den Eintrag in die betreffende Rubrik bewirken. Diese Arbeit bereitet keine großen Schwierigkeiten, weil ja nicht die genaue absolute Höhe, sondern eben nur die Zugehörigkeit zu bestimmten Höhenklassen eingeschätzt werden muß. Nur kann man dann, um nicht Irrungen ausgesetzt zu sein, höchstens zwei Kluppenführer, in vielen Fällen, bei dichteren Beständen, nur einen einzigen beschäftigen.

Die Einrichtung des Aufnahmeheftes geht aus den beiden folgenden Mustern hervor. Man benutzt für dieselben am besten gut geleimtes, nicht zu dünnes und mit einem quadratischen Netze von Linien überzogenes Papier, das man mit einem Gummiband auf einer gleichgroßen starken Papptafel als Schreibunterlage festklemmt. Hierdurch wird auch bei feuchtem und windigem Wetter ein sauberes Anschreiben gewährleistet und die Ordnung und Sicherheit der Arbeit erhöht. Die Bezeichnung der einzelnen Stammstärken im Aufnahmeheft soll durch Striche erfolgen, die in der aus dem Muster Ia ersichtlichen Weise der besseren Übersicht wegen zu Gruppen von je fünf vereinigt werden, nicht durch Punkte (Muster Ib), weil letztere zu undeutlich sind, auch Ursache zum Durchstechen oder Zerreißen des Papiers geben können. Auch die Vereinigung von Strichen und Punkten, wie in Spalte 3 des Musters Ib dargestellt, ist nicht empfehlenswert, höchstens bei sehr großen Stammzahlen.

Für diejenigen Stammstärken, welche am häufigsten vorkommen, muß man natürlich in der Aufnahmsliste einen entsprechend größeren Raum zur Verfügung halten.

Die gesonderte Aufzeichnung einer beigemischten Holzart ist nur dann erforderlich, wenn dieselbe in stärkerer Anzahl, etwa über 10 %, vertreten ist

Muster Ia.

Aufnahmsliste ohne Ausscheidung von Höhenklassen.

Forstamt Karlsruhe, Abt. 10a.					Am 22. Oktober 1900.	
Durchmesser bei 1,3 m über dem Boden	Holzart: Fichte	Stammzahl	Holzart: Kiefer	Stammzahl	Gemessene Höhen Meter	Bemerkungen
18	///// ///// //	12			19, 20,5	3 Lärchen wurden den Fichten zugezählt.
19	///// /////	10			20	
20	///// ///// ///// ////	19			21	
21	////	4				
22	///// ///// ///// ///// //	22				
23	///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///	38			21	
24	///// ///// ///// ///// ///// ///	28				
25	///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ////	64			23,5	
26	///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// /////	70	///// //	7	24 23 Ki	
27	///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ////	69	////	4	24	
28	///// ///	8				
29	///// ///// ///// ///// ////	24	///	3	25,5	
30	///// //	7				
31	///// ///// ///// ////	19	/////	5	26 Ki	
32	////	4			25,5	
33	///	3			26	
		Fichten 401		Kiefern 19	Summe 420	

Muster Ib.

Aufnahmsliste nach Höhenklassen.

Forstamt: Abteilung: Datum:

Holzart:

Durchmesser bei 1,8 m über dem Boden	Höhenklasse 1	Stammzahl	Höhenklasse 2	Stammzahl	Höhenklasse 3	Stammzahl	Bemerkungen
20	///// ///// ///	13	::::: :::::	37	|×| |	17	
25	///// ///// ///// /////	20	::::: ::::: :::::	63	|	6	

u. s. f.

und wenn gleichzeitig wesentliche Unterschiede mit der Formzahl der Hauptholzart bestehen. So würde man z. B. für die gewöhnlich vorkommenden Bestandsaufnahmen eine Beimischung von 10—15% Tannen in Fichten kaum, eine 10%ige Buchenbeimischung aber immer gesondert aufnehmen müssen.

An dem vorbeschriebenen gewöhnlichen Gange der Arbeiten können nun aber nach Befinden einige Abänderungen eintreten. Häufig zeigen die Bäume einen von der Kreisform so abweichenden Querschnitt, daß man zur Feststellung der wirklichen Grundfläche zwei senkrecht aufeinander stehende Durchmesser abzugreifen und das Mittel aus beiden zu berechnen genötigt ist. Wollte man diese Rechnung dem Arbeiter überlassen, so würden zahlreiche und ganz unkontrollierbare Rechenfehler die Folge sein, läßt man aber beide Durchmesser ausrufen und berechnet das Mittel sofort selbst, so entstehen wegen der Nichtübereinstimmung der gehörten mit den zu schreibenden Zahlen wieder andere Irrtümer; ganz abgesehen von dem Umstande, daß das arithmetische Mittel aus den Durchmessern zu kleine Flächen ergiebt.*) Es ist daher am besten, beide Zahlen ausrufen zu lassen und auch einzutragen, hinterher aber die auf diese Weise in doppelter Größe erhaltenen Stammzahlen wie Kreisflächensummen wieder auf die Hälfte zu reduzieren.

Die Möglichkeit eines Ausgleiches jener Durchmesserdifferenzen in anderer Weise ist ferner in der Thatsache gegeben, daß, wie Grundner zuerst**)

*) Schmidtborn, A. F. u. J. Z. 1863. S. 408, vergl. auch oben S. 37.

**) Dr. Grundner, Untersuchungen über die Querflächenermittelung der Holzbestände. Berlin, 1882, woselbst auch zahlreiche Litteraturangaben zu dieser Frage nachgesehen werden können.

genauer feststellte, in den weitaus meisten Fällen die stärkere Entwickelung der Stammdurchmesser in einer bestimmten Himmelsrichtung zu suchen ist, nämlich, vorzugsweise durch die vorherrschenden westöstlichen Windströmungen hervorgerufen, in der Richtung von Ost nach West. Mißt man daher die Stammdurchmesser abwechselnd in ostwestlicher und nordsüdlicher Richtung, so wird der Ausgleich der Durchmesser von allein eintreten. Grundner erhielt beispielsweise bei zwei Versuchsflächen*)

bei gewöhnlicher Doppelkluppierung	16,063 qm bezw.	37,476 qm
nach letzterem Verfahren	16,134 „ „	37,503 „
also Abweichung	+ 0,4%	+ 0,07%.

Gewiß ein sehr befriedigendes Resultat, so daß das Verfahren für praktische Zwecke sehr empfehlenswert erscheint. Übrigens gelangt dasselbe, wenn auch ganz unbemerkt, oft dadurch zur teilweisen Anwendung, daß die Arbeiter die Kluppe nie streng immer in derselben bestimmten Himmelsrichtung, sondern meist ganz regellos orientiert, so wie es eben das Hin- und Herlaufen im Bestande mit sich bringt, anzulegen pflegen.

Derartige Durchmesserverschiedenheiten nehmen in der Regel mit dem Alter der Bäume zu, treten auch bei den einzelnen Holzarten in verschiedenem Grade auf. Am günstigsten verhält sich in dieser Beziehung wohl die Fichte, bei welcher es für die gewöhnliche Praxis überflüssig erscheint, zwei Durchmesser in Rechnung zu stellen, da die Mehrkosten in keinem Verhältnis zu der erzielbaren größeren Genauigkeit stehen.

Ein der wahren Grundflächensumme möglichst nahekommendes Resultat würde man aber in allen Fällen auch dann nur erhalten, wenn man alle Stämme bis auf mm genau (kreuzweis) messen würde. Ein solch genaues Verfahren ist aber wegen des erheblichen Zeitaufwandes bei der Aufnahme und Berechnung nur in Ausnahmsfällen anzuwenden und es bestimmt daher z. B. der Arbeitsplan des Vereins forstlicher Versuchsanstalten für die Aufstellung von Holzertragstafeln, daß in Hölzern von über 10 cm Durchschnittsstärke die Durchmesser auf ganze Centimeter abzurunden sind, derartig, daß 0,5 cm und darüber voll gerechnet, Bruchteile unter 0,5 cm dagegen unberücksichtigt bleiben. Nur für einzelne besondere Präzision erfordernde Aufnahmen, z. B. die der Probestämme, hat man zur Millimetermessung greifen müssen.

Für die Zwecke der Praxis dagegen, also z. B. für die Massenerhebungen bei der Forsteinrichtung, oder für vorheriges Auskluppieren noch anstehender Schläge u. s. w., kann man sich unbedenklich die Arbeit durch Bildung noch weiter gegriffener Abstufungen, bis zu 5 cm etwa, erleichtern. Es erhellt ohne

*) A. a. O. S. 24.

weiteres, daß diese Abrundung um so größer sein kann, je stärker im Durchschnitt die vorkommenden Stammdurchmesser sind, und es läßt sich für eine jede Stärkenstufe die Weite der zulässigen Abrundung berechnen unter der Bedingung, daß der mögliche Fehler in der berechneten Holzmasse einen gegebenen Prozentsatz des wirklichen Holzgehaltes nicht übersteigt.*)

Es sei der mittlere Durchmesser einer Stärkestufe d cm, dann ist der wirkliche Inhalt eines mittleren Stammes $v = \frac{\pi}{4} d^2 h f$. Beträgt dann weiter die Weite der angewendeten Abrundung a cm, so fallen noch alle Stämme bis zu den Durchmessern $d + \frac{a}{2}$ und $d - \frac{a}{2}$ in die betreffende Stärkestufe und es ist der Holzgehalt dieser beiden Grenzwerte

$$v_1 = \frac{\pi}{4}\left(d + \frac{a}{2}\right)^2 h_1 f_1$$

und

$$v_2 = \frac{\pi}{4}\left(d - \frac{a}{2}\right)^2 h_2 f_2,$$

der Mittelwert aus beiden aber

$$\frac{1}{2}\frac{\pi}{4}\left[\left(d + \frac{a}{2}\right)^2 h_1 f_1 + \left(d + \frac{a}{2}\right)^2 h_2 f_2\right].$$

Es stellt dann die Differenz

$$\frac{1}{2}\frac{\pi}{4}\left[\left(d + \frac{a}{2}\right)^2 h_1 f_1 + \left(d - \frac{a}{2}\right)^2 h_2 f_2\right] - \frac{\pi}{4} d^2 h f = \Delta$$

die Fehlergröße dar, welche im ungünstigsten Falle bei der fraglichen Abrundung durchschnittlich noch entstehen kann. Soll diese aber einen gegebenen Prozentsatz p vom wirklichen Inhalte v nicht übersteigen, so wäre zu setzen:

$$\frac{1}{2}\frac{\pi}{4}\left[\left(d + \frac{a}{2}\right)^2 h_1 f_1 + \left(d - \frac{a}{2}\right)^2 h_2 f_2\right] - \frac{\pi}{4} d^2 h f = \frac{p}{100}\frac{\pi}{4} d^2 h f.$$

In dieser Gleichung kann man wegen des nahen Beisammenliegens der Durchmesser $d + \frac{a}{2}$ und $d - \frac{a}{2}$ die Produkte aus Höhe und Formzahl unbedenklich gleichsetzen und streichen, so daß sich die Gleichung vereinfacht zu

*) Vergl. Kunze, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes, 2. Aufl., S. 7.

$$\frac{1}{2}\left[\left(d+\frac{a}{2}\right)^2+\left(d-\frac{a}{2}\right)^2\right]-d^2=\frac{p}{100}d^2.$$

Hieraus ergiebt sich zunächst

$$\left(\frac{a}{2}\right)^2=\frac{p}{100}d^2$$

und schließlich die zulässige Abrundung

$$a=\frac{d}{5}\sqrt{p}.$$

Bei einer gestatteten Fehlergrenze von 1 % wäre beispielsweise in der Stärkestufe 20 cm die zulässige Abrundung 4 cm, in der Stärkestufe 30 cm dagegen 6 cm, so daß man streng genommen für die einzelnen Stärkestufen eines Bestandes verschiedene, mit der Abnahme der Durchmesser fallende Abrundungen wählen müßte, wollte man sicher sein, die zulässigen Fehler nicht zu überschreiten.

Eine andere Frage ist die, ob man bei Abrundungen auf 1 cm bereits 0,5 cm, oder allgemein, ob man die halbe Größe der Abrundung schon für voll rechnen oder ganz vernachlässigen soll. Wie von Lorey*) nachgewiesen hat, begeht man, wenn man 0,5 für voll rechnet, stets einen Fehler im positiven Sinne, der allerdings umso geringer wird, je größer der betreffende Durchmesser an sich ist. Vernachlässigt man dagegen jenen Betrag, so erhält man zwar vorwiegend negative Fehler, die aber im Durchschnitt geringer sind als erstere**).

Untersuchungen über die zulässige Abrundung sind hauptsächlich von Grundner**) Kunze***) und Flury†), ferner mehr vom praktischen Standpunkte aus von Weise††), auch von Baur†††) u. a. vorgenommen worden.

Die wichtigsten Ergebnisse derselben seien in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

---

*) A. F. u. J. Z. 1882, S. 141 und „Über Baummassentafeln", siehe Programm der Universität Tübingen 1882, S. 35.

**) Grundner. Untersuchungen u. s. w. S. 29 und 38.

***) Anleitung S. 6.

†) M. d. Schw. Z. f. d. f. V. W. 1891 S. 131 und 1892 S. 51.

††) Z. f. F. u. J. 1881 S. 91.

†††) Lehrbuch der Holzmeßkunde. 4. Aufl. 288.

Autor	Holzart	Minimal- und Maximalfehler in Prozenten der Kreisfläche bei einer Abrundung auf cm												Publiziert
		0,1	0,5	1,0		2,0		3,0		4,0		5,0		10,0	
				Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
Flury	Fi	0	—	0	2,1	0,2	2,7	0,1	2,8	0,7	4,3	0,8	6,9	—	M. d. Schw.
„	Bu	0	—	0,3	3,1	0,5	5,3	0,9	4,1	1,2	24,0	0,7	71,9	—	Z. f. d. f. V. W. 1892, S. 51
„	Ta	0	—	+ 0,1	1,2	0,1	1,4	0,1	1,7	+ 0,1	2,0	2,0	2,5	—	
		Durchschnittliche Fehler in Prozenten													
Grundner	Bu	0	0,19	0,54		0,55		0,72		0,85		1,01		—	Unters. S. 40
Kunze	Fi u. Ki	0	—	0,49		0,29		0,63		0,73		1,08		—	Anleit. S. 6
Weise	Fi	—	—	0		—		—		—		1,0		—	Z. f. F. u. J. 1881, S. 91
„	Ki	—	—	0		—		—		—		0,5		—	
v. Bodelschwingh		—	—	0		—		—		—		—		2,5	F. Bl. 1890, S. 40

Bei gegebener Abrundung nimmt, wie bereits bemerkt, der Fehler mit der Zunahme der Stammstärken ab. Es erhielt beispielsweise Grundner a. a. O. gegenüber der mm Messung einen Fehler in der Kreisfläche

Bei Beständen mit einem Durchmesser durchschnittlich von	bei einer Abrundung auf					
	0,5	1,0	2,0	3.0	4,0	5,0
11,2 und 11,9 cm	0,11	1,09	0,96	1,39	1,97	1,48
23,7 bis 28,2 „	0,25	0,49	0,56	0,66	0,73	1,11
41,2 und 41,3 „	0,07	0,16	0,07	0,24	0,11	0,21

Ganz ähnliche Resultate erhielt Weise (a. a. O.) bei der Untersuchung des Einflusses der Altersklassen, also indirekt auch der Stammstärken, nämlich bei 5 cm Abrundung gegenüber der Messung auf 1 cm einen (fast immer positiven)

Kreisflächenfehler in den Altersklassen.

Jahre	unter 20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180	180—200
bei Fichte . .	—	2,8	1,1	0,3	0,1	0,4	—	—	—	—
bei Kiefer . .	11,1	1,7	0,5	0,3	0,16	— 0,11	0,08	—	— 0,04	— 0,25

Aus allen Untersuchungen aber geht mit Sicherheit hervor, daß man in starken Stangenhölzern und in haubaren Beständen unbedenklich bis zu einer Abrundung von 4 oder 5 cm herabgehen kann, ohne das Resultat merklich

zu gefährden, während man in Beständen unter 60 Jahren nicht über 2 cm gehen sollte. Es wäre aber nicht rätlich, die Ausführung dieser Abrundung dem messenden Arbeiter zu überlassen, vielmehr muß in solchem Falle der Kluppenmaßstab mit einer von Ed. Heyer*) angegebenen besonderen Einteilung versehen werden, welche das Abrunden selbst bewirkt. Es wird zu diesem Zwecke der Anfangspunkt der Teilung um den halben Betrag der Abrundung vom eigentlichen Nullpunkt verschoben, wie beistehende Skizze andeutet, welche eine auf 2 cm abrundende Kluppe darstellt. Selbstverständlich sind solche Kluppen dann für andere Abrundungsmaße nicht zu gebrauchen, auch wird der Messende, selbst wenn noch eine gewöhnliche Centimeterteilung angebracht sein sollte, leicht Gefahr laufen, auch bei Centimetermessung jene abgerundeten Maße versehentlich abzulesen.

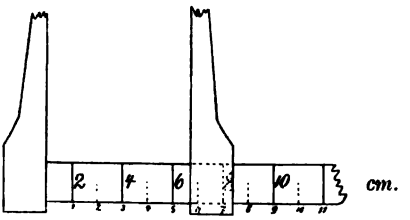


Fig. 110.

Ein von Weise gemachter, mehrfach befürworteter (Borggreve, Philipp) in einigen Gebieten auch eingeführter Vorschlag, auf solchen abrundenden Kluppen nicht die Centimeterzahlen aufzuschreiben, sondern nur die Nummern der Durchmesserklassen, hat den Vorzug, daß die auszurufenden und zu notierenden Zahlen kürzer sind als die Durchmesserzahlen, und daß dadurch weniger leicht Irrtümer beim Hören und Schreiben entstehen. Andererseits sind derartige Zahlen ohne Kenntnis der Abrundungsgröße ganz unverständlich, wodurch grobe Fehler entstehen können.

Die zu den gemessenen Durchmessern gehörigen Kreisflächen werden dann nach erfolgter Messung mit Hilfe irgend einer der vielen vorhandenen Hilfstafeln berechnet, zu welchem Zwecke in erster Linie wegen ihrer Sicherheit und Übersichtlichkeit die Kunzeschen „Tafeln der vielfachen Kreisflächen“ (s. S. 86) empfohlen werden dürfen. Man kann sich aber auch diese Mühewaltung ersparen, wenn man die

Kreisflächenzählkluppe von Prof. Wimmenauer**)

anwendet, welche sich von den bereits früher (S. 61 ff.) beschriebenen anderen Registrierkluppen vorteilhaft dadurch unterscheidet, daß sie nicht die Stammdurchmesser, sondern gleich die Stammgrundflächen, daneben auch die Stammzahlen summiert. Allerdings giebt sie eben immer nur die Gesamtsumme, sodaß sie für Aufnahmen, in denen es auf Kenntnis der einzelnen Stärkestufen ankommt, nicht zu verwenden ist. Im übrigen lauten die bisherigen Urteile

*) A. F. u. J. Z. 1860, S. 210.

**) A. F. u. J. Z. 1899 S. 253. Preis 70 M. Futteral 10 M. Bei Wilh. Spörhase in Gießen.

(A. F. u. J. Z. 1900, S. 151) sehr günstig: sicheres Funktionieren und einwandfreies Ergebnis bei beträchtlicher Zeitersparnis; Leistung 400—800 Stämme in der Stunde, dabei Wegfall jeder häuslichen Berechnung, wobei jedoch jedem Kluppenführer ein Gehilfe zum Zeichnen der gemessenen Stämme beigegeben werden muß. Trotzdem stellt sich im ganzen die Leistung der Kreisflächenzählkluppe günstiger, weil ein Aufsichtführender stets ganz bequem 3 Kluppen überwachen kann. Die übrigen bekannten Registrierkluppen, von Reuß, Eck, Bodenstein, Buse u. a. begnügen sich, die Durchmesserzahlen zu registrieren, geben dafür aber auch die Stammzahlen der einzelnen Durchmesserstufen an, während die Hirschfeldsche Kluppe sogar die Bestandsmasse selbst automatisch berechnet. An sich würde gegen die Benutzung dieser Kluppen nichts einzuwenden sein, da sie, wenigstens die besseren unter ihnen, hinreichend sicher funktionieren und eine teilweise Arbeitsersparung mit sich bringen, so namentlich die Wimmenauersche. Der hohe Preis derselben und ihre Empfindlichkeit hat aber bisher ihre Anwendung in weiteren Kreisen verhindert.

Die Leistung der gewöhnlichen Kluppe beträgt nach Heß*) unter ungünstigen Verhältnissen 400, unter gewöhnlichen etwa 600—700, bei besonders günstigen bis zu 1000 Stämme in der Stunde und im ganzen darf man bei 8stündiger Arbeitszeit eine Tagesleistung von etwa 10—15 Hektar Altholz mit durchschnittlich 5000 Stämmen annehmen. Geschicklichkeit der Arbeiter, Bestandsdichte, Bodenverhältnisse, auch Witterung spielen hierbei natürlich eine große Rolle. Zu ganz ähnlichen Resultaten kommt auch Baur**), welcher als durchschnittliche Tagesleistung 5000—6000 Stämme, als Maximalleistung 10300 Stück (in 50jährigen Kiefern) festgestellt hat.

Für wissenschaftliche Aufnahmen hat man außer den bereits erwähnten Vorsichtsmaßnahmen noch auf einiges besonders zu achten, namentlich dann, wenn es sich um einen Vergleich der Messung mit einer früheren handelt. Neben gleichmäßigem Anpressen der Kluppenschenkel, Ablesung, während das Instrument noch am Baume liegt, Entfernung störenden Moosüberzuges, kommt es besonders auf die richtige Wahl des Meßpunktes an, dessen Verschiebung den Durchmesser erheblich zu beeinflussen vermag.

Wie Grundner zeigte, genügt bereits eine Verschiebung der Meßstelle nach unten oder oben von nur 10 cm, um Flächenfehler bis zu 1,5% hervorzurufen. Deswegen muß die Meßhöhe nicht nur richtig und vor allem immer gleichmäßig nach denselben Gesichtspunkten***) bestimmt, sondern auch an solchen Stämmen, an welchen die Messung später wiederholt werden soll, dauernd bezeichnet werden. Dies geschieht am besten mittels eines Striches von weißer

*) A. F. u. J. Z. 1866 S. 365.
**) Holzmeßkunde 4. Aufl. S. 387.
***) Vergl. II. Teil S. 217, sowie Z. f. d. g. F. 1897 S. 215 u. 1898 S. 64.

Ölfarbe, der dann zugleich die Stelle angiebt, wo das Kluppenlineal anzulegen ist. Man findet oft auch einen vollständigen Ring, an dem letztere Stelle dann durch einen Vertikalstrich oder einen andersfarbigen Tupfen bezeichnet ist. Weist die eigentliche Meßstelle auffallende Unregelmäßigkeiten, Wülste u. s. w. auf, so ist unter dieser Stelle und ebenso über dieser zu messen und das Mittel zu nehmen.*)

Zweites Kapitel.

Die Ermittelung der Holzmasse.

1. Über Probestämme und Mittelstämme im allgemeinen.

a) Begriff und Bedeutung.

Da keine Massenermittelungsmethode der Probestämme entbehren kann, so mögen zunächst einige Bemerkungen über Probestämme im allgemeinen Platz finden.

Ein Probestamm, auch Muster- oder Modellstamm, ist, ganz allgemein betrachtet, ein solcher Baum, der in irgend einer Beziehung als durchschnittlicher Repräsentant für eine Anzahl anderer Bäume dienen kann**). Es ist daher z. B. erlaubt, den Stamm, welcher die mittlere Höhe eines Bestandes aufweist, als Musterstamm, aber eben nur für die Bestandshöhe, zu bezeichnen. Für die Zwecke der Holzmassenaufnahme pflegt man jedoch in der Regel weitergehende Anforderungen zu stellen und unter Probestämmen nur solche Bäume zu verstehen, welche zugleich in mehreren Beziehungen, nämlich in Brusthöhendurchmesser, Höhe und Form und somit auch in dem Holzgehalte als Repräsentanten aus einer Gruppe von Stämmen betrachtet werden dürfen. Unter Umständen kann hierüber hinaus auch noch Übereinstimmung in den Sortimentsverhältnissen verlangt werden. Ein Probestamm kann nun entweder ein beliebig herausgegriffenes Exemplar aus einer Reihe von (wenigstens theoretisch) vollständig gleichen Baumindividuen sein. In diesem Falle ist er das, was man sonst im Handel und Wandel als Muster bezeichnet; es wäre daher angebracht, für einen solchen die Bezeichnung Musterstamm (auch Modellstamm) ausschließlich vorzubehalten. Der Probestamm kann aber auch in irgend einer Beziehung das arithmetische Mittel aus einer Anzahl von verschiedenen Bäumen darstellen, in diesem Falle wäre die Bezeichnung Mittelstamm zu gebrauchen.

Die Probestämme dienen dazu, den Holzgehalt im ganzen oder nach Sortimenten, in gewissen Fällen auch den Wachstumsgang derjenigen Stamm-

*) Ausgedehnte Untersuchungen über die Genauigkeit verschiedener Kluppierungsmethoden sind auch von Böhmerle vorgenommen worden. Z. f. d. g. F. 1890 S. 71 u. 1898 S. 337.

**) Loreh. Über Probestämme. Frankfurt a. M. 1877.

gruppen zu bestimmen, für welche sie ausgewählt worden sind. Man erhält die gewünschten Resultate einfach durch Multiplikation der am Probestamme festgestellten Größen mit der Zahl der Stämme in der entsprechenden Stammgruppe und erspart auf diese Weise die vollständige Messung und Kubierung der sämtlichen übrigen Stämme.

Da es sich hierbei somit stets um einen Schluß vom kleinen aufs große handelt, so ist bei der Auswahl wie bei der Kubierung der Musterstämme mit peinlichster Sorgfalt zu verfahren, wenn anders nicht beträchtliche Fehler mit in den Kauf genommen werden sollen. Dabei tritt noch bei allen Aufnahmemethoden, welche sich der Probestämme in der angedeuteten Weise bedienen, der weitere Übelstand zu Tage, daß es kein Mittel giebt, die Größe des im einzelnen Falle möglicherweise entstehenden Fehlers bestimmt zu erkennen, weil ja der einzige Weg, nämlich die Kubierung sämtlicher Stämme durch die Anwendung der Probestämme gerade vermieden werden soll. Gewisse Fehlergrenzen, welche bei sorgfältiger Arbeit nicht überschritten zu werden pflegen, lassen sich dagegen auf dem Wege des praktischen Versuches ermitteln. Auch durch Vermehrung der Probestämme läßt sich praktisch nicht immer eine höhere Genauigkeit erzielen, weil häufig die Zahl der brauchbaren Stämme bald erschöpft zu sein pflegt.

b) Berechnung der Probestammdimensionen.

Sind die Probestämme nur Musterstämme im oben gebrauchten engeren Sinne des Wortes, so ist ihr Durchmesser und ihre Höhe bereits gegeben und es genügt, wenn man bei ihrer Auswahl die Vorsichtsmaßregeln beobachtet, welche weiter unten angegeben sind. Charakterisieren sich die Probestämme aber als Mittelstämme, so müssen auch ihre Dimensionen auf das sorgfältigste berechnet werden. Es macht hierbei keinen Unterschied, ob sie das Mittel für den ganzen Bestand (Bestandsmittelstamm) oder nur für gewisse Teile des letzteren (Durchmessergruppen, Durchmesserklassen) darstellen. Derartige Unterschiede bedingen nur die Unterschiede der einzelnen Aufnahmeverfahren und haben mit der Art und Weise seiner Berechnung nichts zu thun. An dieser Stelle ist daher nur zu erörtern, in welcher Weise man aus einer gegebenen Stammgruppe das richtige Mittel berechnet. Wie schon angedeutet, handelt es sich hierbei um Berechnung des mittleren Durchmessers, der mittleren Höhe und Form.

Berechnung des Brusthöhendurchmessers. Handelt es sich nur darum, für die bei der Kluppierung gewonnenen Durchmesserstufen Repräsentanten zu wählen, so kann man, wie bemerkt, von einer Berechnung eines mittleren Durchmessers füglich ganz absehen und einfach den in der Mitte der angewendeten Abrundung liegenden Durchmesser als mittleren anwenden. Der hierbei entstehende Fehler ist praktisch belanglos. Ist jedoch die gewählte

Abrundung eine beträchtliche und liegen die Durchmesser, für welche ein Mittelwert gesucht werden soll, sehr weit auseinander, so wäre es verfehlt, den mittleren Durchmesser als das arithmetische Mittel aus den gegebenen Durchmessern aller Stämme ansehen zu wollen.

Denn da die Holzmasse, auf deren Ermittelung ja alles hinzielt, nicht eine Funktion des Durchmessers, sondern seines Quadrates oder der Stammkreisfläche ist, so muß auch die Ermittelung des Durchmessers mit Hilfe der mittleren Kreisfläche erfolgen.*)

Hätte man nämlich $n_1 + n_2 + n_3 + \cdots + n_x = N$ Stämme mit
den zugehörigen Durchmessern $d_1 \quad d_2 \quad d_3 \quad \cdots \quad d_x$ und
den entsprechenden Holzgehalten $v_1 \quad v_2 \quad v_3 \quad \cdots \quad v_x$
so wäre der mittlere Holzgehalt v eines Stammes

$$v = \frac{v_1 n_1 + v_2 n_2 + v_3 n_3 + \cdots + v_x n_x}{N}$$

oder auch

$$ghf = \frac{g_1 h_1 f_1 n_1 + g_2 h_2 f_2 n_2 + \cdots + g_x h_x f_x n_x}{N}.$$

Liegen nun die vorkommenden Durchmesser $d_1 \cdots d_x$ nicht allzu weit auseinander, so darf man, wie erörtert, die zugehörigen Formhöhen ohne großen Fehler gleichsetzen und es reduziert sich, wenn also

$$hf = h_1 f_1 = h_2 f_2 = h_3 f_3 \cdots = h_x f_x \text{ ist,}$$

obige Gleichung zu

$$g = \frac{g_1 n_1 + g_2 n_2 + g_3 n_3 \cdots g_x n_x}{N}.$$

Hiernach ergiebt sich der gesuchte Durchmesser durch Berechnung aus

$$d = 2\sqrt{\frac{g}{\pi}}$$

oder noch einfacher, indem man in einer Kreisflächentafel zu dem berechneten g das zugehörige d einfach aufsucht.

In Worten: Der Durchmesser des Mittelstammes einer Durchmessergruppe ergiebt sich aus der mittleren Kreisfläche, welche man erhält, indem man die Kreisflächensumme dieser Gruppe durch die Anzahl ihrer Stämme dividiert.

Voraussetzung ist hierbei nur, daß die zu einer Gruppe vereinigten Durchmesser nicht allzuweit auseinander liegen. Wird diese Bedingung nicht erfüllt, z. B. wenn es sich darum handelt, den Mittelstamm für einen ganzen

*) G. Heyer, Über die Ermittelung der Masse, des Alters und des Zuwachses der Holzbestände. Dessau 1852. S. 63.

Bestand (Bestandsmittelstamm) zu suchen, so ergiebt das Verfahren fehlerhafte Resultate und zwar zu kleine Werte.

Es läßt sich aber, wie Kunze*) zeigte, für den Fall, daß die Höhen als Funktionen der Durchmesser betrachtet werden dürfen, eine größere Genauigkeit mit Hilfe der Formel

$$g = \sqrt{\frac{g_1^2 n_1 + g_2^2 n_2 + g_3^2 n_3 + \cdots + g_x^2 n_x}{N}}$$

erzielen, deren Entwickelung a. a. O. nachgesehen werden kann. Die praktische Vergleichung beider Methoden**) an je drei Fichten- und Kiefernbeständen ergab am Bestandsmittelstamm durchgängig höhere Werte für das zweite Verfahren und zwar bis zu + 1,1 cm, während an den Mittelstämmen der benutzten fünf Klassen, deren Durchmesser zwischen 12 und 42 cm schwankten, keine so beträchtlichen Differenzen sich herausstellten, daß das umständlichere strenge Verfahren sich als angezeigt erwies.

Anmerkung 1. Kunze teilt noch ein von dem dänischen Mathematiker Gram herrührendes ziemlich genaues Näherungsverfahren mit***), welches auf der Erwägung beruht, daß in nicht zu stammarmen Beständen die vielfachen Kreisflächen der einzelnen Durchmesserstufen ein sehr regelmäßiges gegenseitiges Verhältnis aufweisen. Trägt man nämlich in ein rechtwinkliges Koordinatensystem die Brusthöhendurchmesser als Abscissen und die zugehörigen vielfachen Kreisflächen als Ordinaten ein, so steigt die Kurve der Ordinatenendpunkte zu einem Maximum an und fällt dann wieder. Die durch diesen Scheitel gezogene Ordinate teilt aber die von der Kurve, den Grenzordinaten und der Abscissenachse begrenzte Fläche in zwei symmetrische Teile und der für diese Ordinate gültige Durchmesser entspricht daher dem Durchmesser des Mittelstammes. Halbiert man also die Kreisfläche einer Durchmesserklasse oder eines Bestandes und zählt man ab, in welcher Durchmesserstufe diese halbe Fläche erreicht wird, so hat man in der Stärke dieser Stufe einen Näherungswert für den Durchmesser des Mittelstammes.

In dem Beispiele S. 275 beträgt z. B. die Kreisfläche 20,599 qm. Die Hälfte also 10,30 qm. Die ersten 197 Stämme von 18—24 cm enthalten 7,726 qm, die 347 Stück von 18—26 cm dagegen 15,690 qm. Der Mittelstamm liegt also zwischen 24 und 26 cm, oder genauer (interpoliert aus $\frac{10{,}30-7{,}726}{15{,}690-7{,}726} \cdot 2 = \frac{2{,}574 \cdot 2}{7{,}964} = 0{,}6$ cm) bei 24,6 cm.

Anmerkung 2. Daß es unter Umständen zulässig ist, den Durchmesser eines Probestammes überhaupt nur zu schätzen, wolle man an späterer Stelle S. 286 ersehen.

Bestimmung der Höhe der Probestämme. In normal erwachsenen Beständen darf die Höhe der Stämme annähernd als eine Funktion des Durchmessers betrachtet werden, so daß Höhen und Durchmesser in gleichmäßigen Beziehungen zu einander stehen und derjenige Stamm, welcher die mittlere Kreisfläche aufweist, in der Regel zugleich auch die mittlere Höhe

*) Kunze, Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes. 2. Aufl. Berlin 1891. S. 17.
**) Th. f. J. Suppl. Bd. III. S. 1.
***) Anleitung. S. 23.

besitzen wird. Eine besondere vorherige Berechnung der Höhe des Probestammes ist daher in diesem Falle entbehrlich.

Trifft jene Voraussetzung aber nicht zu, zeigen also in einem Bestande Stämme von gleichem Durchmesser wesentliche Höhendifferenzen, so muß auch die Höhe der auszuwählenden Probestämme vorher fixiert werden. Allzu kleinlich braucht man indessen in dieser Beziehung nicht zu verfahren, denn einerseits beeinflußt ja die Baumhöhe, wie bekannt, den Bauminhalt nur in dem einfachen linearen Verhältnis ihres Betrages, andererseits weisen auch die gebräuchlichen Hilfstafeln in der Regel nur Höhenabstufungen nach ganzen Metern auf, so daß die Berücksichtigung von Bruchteilen mit Umständlichkeiten verbunden ist. Zum Ausgleiche jener Höhenunterschiede bieten sich nun zwei Möglichkeiten dar.

Entweder: man bildet Höhenklassen, zerlegt also den Bestand in mehrere Teile, welche gesondert für sich betrachtet werden und gleichmäßige Beziehungen zwischen d und h aufweisen, so daß der eingangs gedachte einfache Fall wieder vorliegt; oder aber man läßt thatsächlich eine Berechnung der mittleren Höhe eintreten.

Zu diesem Zwecke müßte man, streng genommen, die Höhen sämtlicher Stämme genau kennen, was in der Regel nicht der Fall sein wird. Es wäre dann die mittlere Höhe des Probestammes nach dem Grundsatze zu berechnen, daß sie diejenige Höhe h sei, welche mit der Grundfläche der Stammgruppe ng und ihrer Formzahl f multipliziert, die Masse jener ergiebt.*) Also

$$h = \frac{n_1 g_1 h_1 f_1 + n_2 g_2 h_2 f_2 + n_3 g_3 h_3 f_3 + \cdots}{[ng]f}.$$

In dieser Gleichung sind aber nur $n_1 g_1$; $n_2 g_2$ u. s. f., ebenso h_1; h_2 u. s. f. bekannt, die Formzahlen dagegen noch nicht, so daß die Anwendung dieser theoretisch richtigen Formel praktisch unthunlich ist.

Man ist somit gezwungen, zu einer Näherungsmethode zu greifen, etwa wie

$$h = \frac{h_1 n_1 + h_2 n_2 + h_3 n_3 + \cdots + h_x n_x}{n_1 + n_2 + n_3 + \cdots + n_x}.$$

Für diese Formel schlägt Kunze analog wie bei dem Durchmesser wieder die richtigere Formel**)

$$h = \sqrt{\frac{h_1^2 n_1 + h_2^2 n_2 + h_3^2 n_3 + \cdots + h_x^2 n_x}{n_1 + n_2 + n_3 + \cdots + n_x}}$$

vor, welch letztere ebenfalls die größeren Beträge ergiebt.

*) Lorey, A. F. u. J. Z. 1878, S. 149, 1883, S. 119, ferner 1901, S. 1. Vergl. auch Schiffel, Z. f. d. g. F. 1900, S. 287, u. M. d. Schw. Z. f. d. f. V. 1898, S. 122.

**) Th. f. J. 1884, Suppl. III, S. 5. Siehe auch Kunze, Anleitung S. 22.

Einen richtigeren Betrag aber als die arithmetische Durchschnittshöhe ergiebt die neuerdings auf v. Loreys Antrag vom V. d. f. V. angenommene Formel

$$h = \frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + g_3 h_3 + \cdots + g_x h_x}{g_1 + g_2 + g_3 + \cdots + g_x}$$

welche Gleichheit der Formzahlen in den einzelnen Durchmesserstufen voraussetzt.

Über die graphische Methode zur Bestimmung der mittleren Höhe der einzelnen Durchmesserstufen wolle man das nähere an dem Beispiele an späterer Stelle S. 269 ersehen.

Andere Möglichkeiten, eine Mittelhöhe zu bestimmen, sind noch wie folgt gegeben:

die Höhe desjenigen Stammes, bei dem sich die Kreisfläche des Bestandes hälftig teilt (Philipp);
die durchschnittliche Höhe der Klassenprobestämme bei 5 Klassen (Lorey);
die Höhe desjenigen Stammes, der die mittlere Kreisfläche besitzt;
die Höhe des Stammes, welcher die mittlere Bestandsformzahl besitzt (Weise);
die Höhe durch Abzug eines konstanten Betrags von der Durchschnittshöhe der stärksten Klasse, der Bestandsoberhöhe (Weise).

Die Anwendung aller derartigen Formeln zur Bestimmung der Höhe von Probestämmen erscheint aber im allgemeinen nur dann angezeigt, wenn es sich um sog. Bestandsmittelstämme, von denen später die Rede sein wird, handelt, d. h. wenn ein Modellstamm aus einer Anzahl von Stämmen berechnet und ausgesucht werden muß, die in ihrem Durchmesser und zugleich in ihrer Höhe wesentlich voneinander abweichen. Soll ein Probestamm nur für eine nicht zu weit begrenzte Durchmesserklasse oder gar nur für eine Durchmesserstufe ausgesucht werden, so sind Höhenberechnungen entweder ganz überflüssig, oder man begnügt sich damit, mehrere Stämme im Bestande aufzusuchen, welche den berechneten Durchmesser besitzen, mit einem Höhenmesser die Höhe derselben zu bestimmen und dann denjenigen Stamm als wirklichen Probestamm zu wählen, welcher dem einfachen arithmetischen Mittel aus diesen Höhen am nächsten kommt.

Eine vorherige Berechnung der Form der Probestämme, d. h. mit anderen Worten: Aufsuchung der Bestandsformzahl der betr. Stammgruppe, ist nicht angängig, denn diese Operation würde ja die Kenntnis der Größe, welche durch die Probestämme erst gesucht werden soll, nämlich der Bestandsmasse, voraussetzen, da ja $F = \frac{V}{GH}$ ist. Man wird sich also darauf beschränken müssen, bei der nachfolgenden Auswahl der Probestämme keine solchen Stämme zu berücksichtigen, welche (nach Augenmaß) eine besonders ab- oder vollholzige Form zeigen, d. h. solche wählen, die dem durchschnittlichen Charakter der Stammgruppe am meisten zu entsprechen scheinen.

c) Auswahl der Probestämme im Bestande.

Sind die Abmaße des Modellstammes berechnet, so gilt es, im Bestande einen Baum herauszusuchen, welcher den gewünschten Durchmesser und die richtige Höhe besitzt und auch im übrigen den weiter zu stellenden, unten angeführten Anforderungen entspricht. Man benutzt hierzu ein Gabelmaß.

In stammarmen Beständen kann es hierbei vorkommen, daß sich zu Probestämmen geeignete Bäume, welche genau den berechneten Durchmesser besitzen, nicht oder wenigstens nicht in genügender Zahl auffinden lassen. In diesem Falle wählt man einen Hilfsprobestamm aus, dessen Durchmesser d' und Kreisfläche g' den berechneten Größen d und g möglichst nahe kommen, und ermittelt dessen Inhalt v'. Aus letzterem berechnet sich sodann der Inhalt v des wirklichen Probestammes durch Reduktion mittels des Quotienten $\frac{g}{g'}$. Es ist dann also

$$v = v' \frac{g}{g'}.$$

Der Beweis hierfür ergiebt sich ohne weiteres, wenn man die Proportion bildet

$$v : v' = ghf : g'h'f'$$

und hierin die Formhöhen hf und h'f' gleichsetzt, was infolge des geringen Unterschiedes der Durchmesser d und d' zulässig ist. Es läuft somit das Verfahren auf die Uebertragung der Formhöhe des Hilfsprobestammes auf den wirklichen Probestamm hinaus, denn es ist

$$h'f' = \frac{v'}{g'}.$$

Hätte man beispielsweise den Durchmesser des Probestammes zu 22,4 cm ($g = 0{,}0394$ qm) berechnet, aber nur einen solchen von 22,7 cm ($g' = 0{,}0405$ qm) gefunden und den Inhalt v' dieses Hilfsstammes zu 0,41 fm ermittelt, so wäre der Inhalt v des wirklichen Probestammes

$$v = 0{,}41 \cdot \frac{0{,}0394}{0{,}0405} = 0{,}399 \text{ fm}.$$

Zu demselben Ziele gelangt man, wenn man an Stelle des genau passenden Stammes zwei oder mehrere (ν) andere aussucht, deren durchschnittliche Kreisfläche gleich der berechneten ist

$$\frac{g_1 + g_2 + \cdots + g_\nu}{\nu} = g.$$

Würde man in dem obigen Beispiel drei Hilfsstämme von 0,0384, 0,0398 und 0,0401 qm Kreisfläche gewählt haben, so wäre deren durchschnittliche Grundfläche = 0,0394 qm und der zugehörige Durchmesser, wie verlangt,

22,4 cm. Zu demselben Resultate wäre man aber auch gekommen, wenn man die drei Stämme nach ihrem Durchmesser herausgesucht hätte, so daß das einfache Mittel der Durchmesser gleich dem vorgeschriebenen wäre; denn jenen drei Flächen gehören die Durchmesser 22,1, 22,5 und 22,6 cm zu, deren Mittel ebenfalls 22,4 ist. Das letztere einfachere Verfahren ist zulässig, weil es sich um Stämme von so geringen Stärkeunterschieden handelt, daß die bestehenden Differenzen zwischen dem Durchschnitt der Flächen und dem der Durchmesser innerhalb der benutzten Decimalstellen noch nicht zum Ausdruck gelangen.

Die weiteren Anforderungen, welche man an einen als Modellstamm tauglichen Baum zu stellen hat, sind die folgenden:

Der Stamm soll der Mittelhöhe der Stammgruppe möglichst nahe kommen. Er darf keine abnormen Bildungen aufweisen, muß also in seiner Form dem Durchschnittscharakter der Stammgruppe entsprechen, soll möglichst kreisrund, nicht gekrümmt, gegabelt oder beschädigt sein. Häufig wird der Fehler begangen, zu vollformige Stämme zu wählen. Ebenso hat man sich vor anormaler Beastung zu hüten, darf also keine Randbäume, auch keine im dichtesten Schlusse oder im vollsten Lichtstande erwachsenen benutzen. Und schließlich sollen die Stämme, wenn möglich, in dem aufzunehmenden Bestande selbst oder wenigstens in dessen nächster Umgebung gewählt werden.

d) Die Anzahl der Probestämme.

Die Schwierigkeit, für eine gegebene Stammgruppe *einen* Vertreter zu finden, welcher *alle* Eigenschaften jener in sich vereinigt und allen den soeben angeführten Bedingungen entspricht, legt die Vermutung nahe, daß man mit *einem einzigen Probestamm allein* den wahren Inhalt eines Bestandes oder einer Stammgruppe in demselben nicht hinreichend scharf bestimmen könne und es entsteht die Frage, ob und inwieweit man durch Vermehrung der Probestämme die Genauigkeit der Aufnahme erhöhen könne.*)

Diese Frage läßt sich zunächst von dem Standpunkte mathematischer Erwägungen beantworten. Hier gilt der bekannte Satz der Ausgleichsrechnung nach der *Methode der kleinsten Quadrate***), daß die Genauigkeit eines Messungsergebnisses direkt proportional der Quadratwurzel aus der Zahl der vorgenommenen Messungen ist, vorausgesetzt, daß jede einzelne Messung frei ist von konstant wiederkehrenden Fehlern (z. B. des Instrumentes) und nur die unvermeidlichen, schwankenden Beobachtungsfehler enthält. Hiernach wird

*) Ausführlicheres hierüber wolle man nachlesen bei *Lorey*, Über Probestämme, Frankfurt a. M. 1877, S. 7—50.

**) Näheres hierüber z. B. bei *Helmert*, Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Leipzig 1872.

man z. B. beim Messen einer Strecke in dem Mittel aus neun Messungen die dreifache Genauigkeit gegenüber einer einmaligen Beobachtung und durch weitere Fortsetzung des Verfahrens eine weitere Genauigkeitssteigerung erzielen.

Allein bei der Anwendung dieses Satzes zur Bestimmung der Zahl der Probestämme stößt man doch auf bemerkenswerte Sonderheiten. Zunächst ist die Zahl der zur Verfügung stehenden Bäume nicht unbeschränkt, sondern in der überhaupt im Bestande vorhandenen Stammzahl begrenzt. Andererseits kann z. B. bei Streckenmessungen jede einzelne Messung einer Länge die wahre Länge ergeben, während von einer großen Zahl der Bäume eines Bestandes von vornherein und mit Sicherheit gesagt werden kann, daß sie als Probestämme überhaupt nicht geeignet sind. Durch ihre Benutzung würde man also das Resultat bestimmt verschlechtern. Umgekehrt aber erhält man wieder die höchste Genauigkeit, den wahren Inhalt, sobald man sämtliche Stämme einer Stammgruppe als Probestämme verwendet, d. h. den ganzen Bestand kubiert. Übersehen werden darf hierbei auch nicht, daß der (verbessernde oder verschlechternde) Einfluß eines jeden neu hinzukommenden Probestammes um so geringer ist, je größer die Zahl der bereits verwendeten war.

Aus allen diesen Erwägungen heraus ergeben sich folgende Sätze:

1. Die Genauigkeit des Resultates wächst mit der Zahl der Probestämme.
2. Diese Zunahme ist jedoch keine stetige, es kann sogar mit Vermehrung der Probestämme eine vorübergehende Verschlechterung des Resultates eintreten.
3. Die zur Einhaltung gegebener Fehlergrenzen erforderliche Zahl der Probestämme läßt sich im voraus mathematisch nicht fixieren.

Es muß also die Bestimmung der Probestammanzahl dem taxatorischen Gutachten überlassen bleiben und dieses findet einen Anhalt an dem Grundsatze:

Je ungleichartiger ein Bestand beschaffen ist, desto mehr Probestämme sind zu benutzen.

Diese Ungleichartigkeiten können hervorgerufen werden: durch die Betriebsart (Mittelwald verlangt mehr als der Hochwald), durch die Holzart (Nadelhölzer sind gleichmäßiger als Laubhölzer), das Holzalter, die Bewirtschaftungsart (künstliche Verjüngung, geregelter Durchforstungsbetrieb liefern gleichmäßigere Bestände), sowie zufällige Beeinflussungen des Wuchsganges aller Art. Derartige Bestandsungleichheiten werden auch um so leichter auftreten können, je größer die absolute Fläche ist, so daß schließlich auch der Größe des Bestandes ein bedingter Einfluß in dieser Frage eingeräumt werden muß.

Selbstverständlich ist auch immer zu überlegen, ob der mit der Vermehrung der Probestämme wachsende Zeit- und Geldaufwand auch in einem vernünftigen Verhältnis zu der dadurch herbeigeführten Verfeinerung des Verfahrens steht. Andererseits wird auch häufig durch den Waldbesitzer die Zahl der Stämme beschränkt, welche als Probestämme gefällt und liegend kubiert werden dürfen. Durch Hinzufügung weiterer Probestämme, die nur stehend kubiert werden können, wird sich dann in der Regel eine weitere Genauigkeitssteigerung nicht mehr herbeiführen lassen.

Bestimmte Forderungen über die Zahl der nötigen Modellstämme lassen sich also auch von diesen Gesichtspunkten aus nicht allgemein aufstellen, wie sich denn auch in der Litteratur nur unbestimmte Angaben hierüber vorfinden. Man wird jedoch nicht weit fehlgehen, wenn man die Grenzen für die bei Bestandsaufnahmen thatsächlich verwendete Probestammanzahl auf etwa $^1/_2$ bis 3% der ganzen Stammzahl schätzt.

e) Die Kubierung der Probestämme.

Da es sich bei der Holzmassenermittelung mittels Probestämmen, wie bemerkt, um einen Schluß vom Kleinen aufs Große handelt, so würde man selbst bei peinlichster Auswahl der Probestämme dennoch zu recht fehlerhaften Resultaten gelangen, wollte man deren Inhalt mit einer der einfachen Kubierungsmethoden, etwa mit Hilfe der Mittenflächenformel γl feststellen. Selbst durch wiederholtes Messen desselben Stammes würde man die hierbei auftretenden Fehler nicht eliminieren können und auch das Mittel aus den Resultaten verschiedener Kubierungsmethoden kann, da diese nicht ohne weiteres untereinander vergleichbar sind, den wahren Inhalt des Probebaumes nicht wiedergeben.

Es muß vielmehr die peinlichste Kubierung des letzteren verlangt werden, das heißt Sektionskubierung mit etwa Zweimetersektionen für den Stamm und Xylometeraichung oder hydrostatische Wägung (S. 99) für das Astholz. Verfügt man über sichere Reduktionsfaktoren für das Umrechnen des Gewichtes in Festgehalt, so kann man beim Astholz auch diese benutzen, bezw. das S. 102 angegebene Messen und Wägen anwenden, sofern es sich um größere Mengen handelt.

Eine Wiederholung dieser an sich genauen Kubierungsverfahren wird im allgemeinen das Resultat nicht merklich beeinflussen und kann in der Hauptsache nur zur Entdeckung vorgekommener gröberer Meß- oder Rechenfehler dienen.

In gewissen Fällen, z. B. wenn es sich um die vorherige stehende Messung eines Schlages handelt, bei welcher ein Überblick über den zu erwartenden Sortimentsanfall erwünscht ist, wird man die Probestämme auch in die ortsüblichen Sortimente zerlegen und diese nach der gewohnten Weise kubieren.

Allerdings ist es dann, um von jedem Sortimente hinreichende Mengen zu haben, erforderlich, eine größere Anzahl von Probestämmen zu verwenden.

Wenn es aus irgend einem Grunde nicht gestattet ist, die Probestämme zu fällen, muß man wohl oder übel zur Kubierung im stehenden Zustande greifen. Ganz nach dem Zwecke, welchen man bei der Aufnahme verfolgt, wird man sich hierbei verschiedener Verfahren bedienen müssen. Handelt es sich um feine forststatische Ertragsuntersuchungen, so darf man den Aufwand an Zeit und Mühe nicht scheuen, welche die sektionsweise Messung mit Hilfe eines Fernrohrbaummessers verursacht (vergl. S. 189).

Die hierbei erzielte Genauigkeit reicht bei Verwendung eines guten Instrumentes, z. B. des Wimmenauerschen, und bei sorgfältiger Arbeit vollkommen an die Ergebnisse der liegenden Kubierung heran, wenigstens was den Inhalt des Stammes anlangt, während man allerdings beim Astholz immer auf die Schätzung nach Erfahrungszahlen (S. 236) angewiesen ist. In anderen Fällen, bei denen es nicht auf die höchste Peinlichkeit ankommt, z. B. bei allen Aufnahmen für die Zwecke der Forsteinrichtung, wird man zu rascher fördernden Methoden greifen. Es kann hierbei die Preßlersche Richtpunktmethode ganz zweckmäßig zur Anwendung gelangen, am einfachsten aber wird es sein, sich der vorhandenen Formzahl- oder Massentafeln zu bedienen. Ja man kann geradezu sagen, daß diese Tabellen hier das ureigne Gebiet ihrer Anwendung finden. Denn da diese Reduktionszahlen Mittelwerte aus zahlreichen Untersuchungsreihen darstellen, so werden sie umgekehrt den Inhalt eines ganzen Bestandes um so genauer zu berechnen gestatten, je umfangreicher die Bestände sind, auf welche sie angewendet werden. Häufig wird sich sogar, falls die Tafeln überhaupt nur für das betreffende Wuchsgebiet passen, noch ein genaueres Ergebnis erzielen lassen, als durch liegende Kubierung der Probestämme.

Die Anwendung der Formzahlen erfordert weiter nichts als Messung der Höhe der einzelnen Probestämme und Aufsuchung der zugehörigen Formzahl in der entsprechenden Tabelle. Wendet man die Massentafeln an, so wird gleich noch ein Teil der nachfolgenden Rechnung erspart und die ganze Methode stellt sich als die bequemste, billigste und unter Umständen genaueste heraus, welche man überhaupt anwenden kann. Da wir inzwischen durch die Arbeiten unserer forstlichen Versuchsstationen in den Besitz solcher Tafeln für unsere wichtigsten Holzarten gekommen sind, so steht einer allgemeinen Anwendung dieses Verfahrens nichts mehr im Wege.

Wie Versuche von J. Weber gezeigt haben*), besteht noch die Möglichkeit, die Probestämme zu photographieren und die Durchmesser und Längen an dem photographischen Bilde mittels Zirkels abzugreifen und hieraus unter Berücksichtigung der beim Photographieren eingetretenen Verkleinerung die Inhalte zu berechnen. Einige Vorzüge dieses Verfahrens gegen-

*) A. F. u. J. Z. 1900, S. 301.

über den sonstigen Aufnahmemethoden im Stehen lassen sich nicht verkennen, so insbesondere die dauernde Fixierung des Baumbildes und die Möglichkeit späterer Nachmessungen auch an vorher nicht gemessenen Stellen. Andererseits setzt es doch eine außergewöhnliche Präzision beim Abgreifen der Durchmesser voraus und dürfte deswegen und wegen der mancherlei Umständlichkeiten beim Photographieren kaum Aussicht auf Anwendung besitzen.

2. Die Methoden der Bestandsmassenermittelung durch Messung.

A. Inhaltsermittelung nach Durchmesserstufen.

a) Gleichmäßige Verteilung der Probestämme auf die Durchmesserstufen.

Ursprüngliches Verfahren.

War in einem Holzbestande die Ausscheidung von Höhenklassen nicht erforderlich, und hat man bei der Kluppierung die Abrundung der Durchmesser nicht zu weit, etwa bis 2 cm. gegriffen, so darf man ohne erheblichen Fehler annehmen, daß die einer Durchmesserstufe zugehörigen Stämme alle im Inhalte übereinstimmen. Die Berechnung besonderer Probestämme ist dann nicht erforderlich, da jeder einzelne, wenn nur sonst normale Stamm, als solcher dienen kann und man findet den Holzgehalt jeder Stärkestufe, wenn man den Inhalt eines ihrer Bäume mit der Zahl der Stämme in ihr multipliziert.

Sind die Durchmesser der Stärkestufen*) d_1 d_2 d_3 $\cdots$ d_x;
die zugehörigen Inhalte eines Stammes v_1 v_2 v_3 $\cdots$ v_x;
die Zahl der Stämme in den Stufen n_1 n_2 n_3 $\cdots$ n_x;
so ist der Holzgehalt des Bestands

$$V = v_1 n_1 + v_2 n_2 + v_3 n_3 + \cdots + v_x n_x \quad \text{(Gl. 1)}$$

---

*) In sämtlichen nachfolgenden Ausführungen wird die Formelschreibung des internationalen Verbandes der forstlichen Versuchsanstalten wie folgt zur Anwendung gelangen.

1. Für den Einzelstamm werden kleine Buchstaben in der bisherigen Bedeutung d, g, h, v angewendet.

2. Durchmesserstufen werden durch untere Indizes bezeichnet

h_1	h_2	$h_3 \cdots h_x$	Höhe	eines Stammes	der Durchmesserstufen.
d_1	d_2	$d_3 \cdots d_x$	Durchmesser	„ „	
g_1	g_2	$g_3 \cdots g_x$	Grundfläche	„ „	
v_1	v_2	$v_3 \cdots v_x$	Inhalt	„ „	
n_1	n_2	$n_3 \cdots n_x$	Anzahl der Stämme		
f_1	f_2	$f_3 \cdots f_x$	Formzahlen		
ψ_1	ψ_2	$\psi_3 \cdots \psi_x$	Formzahlen für das unterhalb des Meßpunktes liegende Stammstück (nur bei Benutzung der absoluten Formzahlen vorkommend).		

Die Formzahlarten werden im übrigen in der bisher schon befolgten Weise durch obere oder untere Indizes auseinander gehalten.

Wählt man in den einzelnen Stärkeſtufen, was ſich bei großem Stammreichtum derſelben immer empfiehlt, mehrere Probeſtämme, nämlich der Reihe nach

$$\nu_1 \qquad \nu_2 \qquad \nu_3 \qquad \cdots \qquad \nu_x$$

ſo iſt natürlich der Holzgehalt des Beſtands

$$V = v_1\nu_1\frac{n_1}{\nu_1} + v_2\nu_2\frac{n_2}{\nu_2} + v_3\nu_3\frac{n_3}{\nu_3} + \cdots + v_x\nu_x\frac{n_x}{\nu_x} \quad \text{(Gl. 2)}$$

Hierbei kann man natürlich unter v_1 ; v_2 ; v_3 u. ſ. f. beliebig entweder die Geſamtmaſſe oder den Holzgehalt der einzelnen Sortimente verſtehen, eine gemeinſame Aufarbeitung und Kubierung der Probeſtämme iſt aber nicht erlaubt.

Machen große Höhendifferenzen die Bildung von Höhenklaſſen notwendig, ſo iſt jede einzelne Höhenklaſſe als geſonderter Beſtand zu behandeln, am Weſen der Methode ſelbſt ändert ſich nichts.

Ebenſo iſt es ohne jeden Einfluß auf das Weſen der Methode, welchen Weg man zur Inhaltsermittelung der einmal gewählten Muſterſtämme einſchlägt. Jedes richtig arbeitende Kubierungsverfahren iſt brauchbar und kann

---

3. Stammzahl, Stammgrundfläche des ganzen Beſtands werden durch große Buchſtaben ausgedrückt.

$$n_1 + n_2 + n_3 + \cdots + n_x = N \text{ ; ausnahmsweiſe } [n]$$
$$n_1 g_1 + n_2 g_2 + n_3 g_3 + \cdots + n_x g_x = G \text{ ; } \quad " \quad [gn]$$
$$v_1 n_1 + v_2 n_2 + v_3 n_3 + \cdots + n_x v_x = V \text{ ; } \quad " \quad [vn]$$

4. Für Durchmeſſerklaſſen werden große Buchſtaben mit unteren Indizes verwendet, ſo daß z. B.

$$N_1 + N_2 + N_3 = N$$
$$G_1 + G_2 + G_3 = G$$
$$V_1 + V_2 + V_3 = V$$

Weitere untere Indizes können zur Unterſcheidung von V_1 V_2 nach Derbholz ꝛc. z. B. $V_{1d} + V_{2d} + V_{3d}$ benutzt werden.

5. Mittelhöhe, mittlerer Durchmeſſer, mittlere Kreisfläche und mittlere Formzahl des Beſtands und der Klaſſen werden durch große Buchſtaben bezeichnet, doch müſſen für die Klaſſen mittelflächen noch obere Indizes angewendet werden, um Verwechslungen mit der Geſamtkreisfläche vorzubeugen, alſo

	H		H_1	H_2	H_3
	D		D_1	D_2	D_3
für den Beſtand	G	für die Klaſſen	G'_1	G'_2	G'_3
	F		F_1	F_2	F_3
	Ψ		Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3

6. Für Bezeichnung der Probeſtämme, aus denen Mittelwerte abgeleitet werden, dienen griechiſche Buchſtaben. Alſo:

	In den Klaſſen					Im Beſtande	
δ Mittel-Durchmeſſer	δ_1	δ_2	δ_3	$\cdots$	δ_m	δ	
γ „ -Querfläche	γ_1	γ_2	γ_3	$\cdots$	γ_m	γ	
ν Anzahl	ν_1	$+\nu_2+\nu_3+\cdots$			ν_m	$= N$	ausnahmsweiſe $[\nu]$
$\gamma\nu$ Querfläche mehrerer Probeſt.	$\gamma_1\nu_1$	$+\gamma_2\nu_2+\gamma_3\nu_3+\cdots$			$+\gamma_m\nu_m$	$= \Gamma$	" $[\gamma\nu]$
ι Inhalt eines Probeſtammes	ι_1	ι_2	ι_3	$\cdots$	ι_m	ι	
ν Inhalt mehrerer Probeſt.	$\iota_1\nu_1$	$+\iota_2\nu_2+\iota_3\nu_3+\cdots$			$+\iota_m\nu_m$	$= J$	" $[\iota\nu]$

bei der vorliegenden, ebenso aber auch bei jeder der nachfolgend zu beschreibenden Ermittelungsmethoden zur Anwendung gelangen Es ergeben sich hierdurch nur äußere Variationen, und deswegen wird es zweckmäßig sein, dieselben gleich hier im Anfange zu besprechen.

α) Benutzung bestimmter Stämme im Bestand als Musterstämme. Reelle Probestämme.

1. Die Kubierung erfolgt nach der Fällung im Liegen. Man hat dann mindestens so viele Musterstämme zu fällen, als Durchmesserstufen vorhanden sind. Im übrigen darf bezüglich der Vermehrung, Auswahl und Kubierung derselben auf das früher über Probestämme im allgemeinen Gesagte verwiesen werden.

2. Specielle Kubierung ausgewählter Musterstämme im Stehen. Ist aus irgend einem Grunde die Fällung der ausgewählten Musterstämme nicht erlaubt, so muß man sie im Stehen kubieren. Es eignet sich hierzu eine jede der im zweiten Teile besprochenen Kubierungsmethoden. Ist die höchstmögliche Genauigkeit erlangt, so wird die sektionsweise Inhaltsermittelung mit einem Fernrohrinstrument gute Dienste leisten, für andere Fälle dürfte die Anwendung des Preßlerschen Richtpunktsverfahrens ausreichen. Auch die Benutzung des Formzahlverfahrens ist angängig, sobald man die Formzahl direkt erheben (S. 220) kann und nicht etwa erst auf dem gewöhnlichen Wege aus dem Inhalte berechnen muß, denn das letztere würde ja einen ganz überflüssigen Umweg bedeuten. Indessen wird man zu diesem letzteren Verfahren doch nur dann greifen, wenn die Anwendung bereits fertig vorliegender Formzahlübersichten aus zwingender Ursache unzulässig erscheint, was jedoch nur in ganz seltenen Fällen zutreffen wird.

Auf alle Fälle aber verursacht die specielle stehende Kubierung der ausgesuchten Musterstämme immer einen beträchtlichen Zeitaufwand, der mit den erlangten Resultaten nicht immer im rechten Verhältnis stehen wird, um so mehr, als der stehenden Kubierung (ausgenommen bei Anwendung guter Fernrohrinstrumente) stets eine nicht zu übersehende Unsicherheit anhaftet.

Aber auch die sorgfältigste und richtigste Kubierung (und das gilt in gleicher Weise von der liegenden) wird einen Übelstand, welcher häufig eine Quelle nicht unbeträchtlicher Fehler ist, nicht vermeiden können, nämlich die Thatsache, daß alle specifischen Eigentümlichkeiten der ausgesuchten Musterstämme, etwa besondere Voll- oder Abholzigkeit, auf sämtliche Stämme ihrer Durchmesserstufen übertragen werden. In den meisten Fällen wird dieser Umstand zu positiven Fehlern führen, weil der Taxator unbewußt sehr leicht geneigt ist, einen zu vollkommenen Stamm als Musterstamm auszuwählen, den entgegengesetzten Fehler dagegen nur seltener machen wird.

β) Benutzung ideeller Probestämme.

Dem soeben gerügten Fehler entgeht man, wenn man von der Auswahl konkreter Musterstämme absieht und an ihre Stelle ideelle Probebäume setzt, das heißt die Durchschnittswerte aus einer möglichst großen Zahl von Aufnahmen benutzt, in welchen alle Ungleichheiten der Einzelbäume ausgeglichen sind. Solche Durchschnittswerte stehen uns aber gegenwärtig in recht vollkommener Form in den neueren Formzahl- und Massentafeln zu Gebote.

1. Inhaltsermittelung nach allgemeinen Massentafeln.

a) Bedeutung der Massentafeln.

Obwohl das Wesen und die Anwendung der Massentafeln bereits S. 233 bei der Kubierung der Einzelstämme kurz erwähnt worden ist, so sei doch des Zusammenhanges wegen hier noch einmal wiederholt, daß man unter einer Massentafel eine Tabelle versteht, in welcher für die einzelnen Holzarten der durchschnittliche Inhalt eines Baumes, geordnet nach den vorkommenden verschiedenen Höhen und Durchmessern, angegeben ist.

Der Zweck der Massentafeln ist die Ermittelung des Holzgehaltes ganzer Bestände aus den gemessenen Brusthöhendurchmessern und den Höhen ohne Auswahl und Kubierung von besonderen Probestämmen und unter möglichster Einschränkung mechanischer Rechenarbeiten. Ihre Benutzung zur Kubierung einzelner Bäume kommt erst in zweiter Linie.

Die theoretische Zulässigkeit eines derartigen Hilfsmittels basiert auf dem Grundgedanken, daß Bäume gleicher Holzart innerhalb noch näher zu umschreibender Grenzen dann gleichen Inhalt (und gleiche Formzahlen) haben, wenn sie im Durchmesser und in der Scheitelhöhe übereinstimmen. Trifft dies auch im einzelnen Falle durchaus nicht immer zu, so darf es doch für den Durchschnitt einer Mehrheit von Stämmen als gültig betrachtet werden und es muß aus diesem Grunde logischerweise das Verfahren um so eher brauchbar erscheinen, d. h. um so bessere Resultate ergeben, je größer die Zahl der Stämme ist, auf welche es Anwendung findet. Ebenso muß aber auch die umgekehrte Forderung erhoben werden, daß das Tabellenmaterial selbst Durchschnittswerte aus einer sehr großen Zahl von Erhebungen darstellt, die ihrerseits wieder mit der höchstmöglichen Präcision ausgeführt worden sind. Die praktische Anwendbarkeit dagegen würde wesentlich beschränkt erscheinen, sobald sich herausstellt, daß die oben erwähnten Grenzen verhältnismäßig eng gezogen werden müßten. Hätte sich beispielsweise ergeben, daß schon geringe Abweichungen im Alter bei sonst gleichen Dimensionen mit erheblichen Differenzen des Inhalts vom berechneten Mittelwerte verbunden zu sein pflegen, oder daß der Einfluß des Wuchsgebietes sich auf dieselbe Weise

bemerkbar äußert, so durfte die mit so vieler Mühe verbundene Herstellung derartiger Tabellen als überflüssiges Beginnen bezeichnet werden. In dieser Frage konnten nur Versuche, und zwar nur solche im größten Maßstabe entscheiden und diese haben zum Glück ergeben, daß ein Einfluß des Alters sich nur innerhalb großer Abstände etwa von 40 Jahren äußerte, und daß eine Trennung nach Wuchsgebieten nur innerhalb weiter Grenzen, etwa nach Nord- und Süddeutschland getrennt, notwendig war, ja daß man die Zahlen sogar bei völliger Vernachlässigung dieser beiden Faktoren zu ganz gut brauchbaren Mittelwerten zusammenstellen durfte. *Allgemeine Massentafeln.* Ergiebt dann die Prüfung derartiger allgemeiner Tafeln, daß sich in einem einzelnen Falle größere Abweichungen von diesen großen Durchschnittswerten ergeben, so bleibt es selbstverständlich unbenommen, dieselben auf Grund lokaler Untersuchungen entsprechend zu reduzieren, mit anderen Worten: *lokale Massentafeln* herzustellen. Solche Tabellen dürfen aber nur für das entsprechende Gebiet, oft nur für dieselbe Bestandsart benutzt werden, will man nicht Gefahr laufen, noch größere Fehler als wie beim Gebrauche jener allgemeinen zu erhalten.

Sollen Massentafeln ihren praktischen Zweck in *vollem* Umfange erfüllen, so müssen sie nachfolgende Angaben enthalten: 1. Angaben über den durchschnittlichen Inhalt des ganzen Baumes (*Baummassentafeln*), 2. über den Gehalt an Derbholz (*Derbholzmassentafeln*), sowie 3. über den Inhalt des unentwipfelten Stammes (*Schaftholzmassentafeln*) für diejenigen Holzarten, welche in letzterer Form aufgearbeitet zu werden pflegen. Der Gehalt an *Reisig* ergiebt sich aus der Differenz der ersten und zweiten, der an *Astholz* aus der ersten und dritten Zahlenreihe, soweit nicht besondere *Astmassenprozente* oder *Reisigprozente* berechnet worden sind.

Brauchbare Durchschnittswerte für die *Stockholzmenge* eines Baumes lassen sich dagegen angesichts der bei deren Aufbereitung möglichen großen Willkürlichkeiten nicht aufstellen.

b) *Konstruktion der Massentafeln des Vereins der deutschen forstlichen Versuchsanstalten**).

Die Massentafeln des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten (S. 6) sind nach demselben Prinzipe konstruiert worden, wie die bayrischen Massentafeln. Ihre Grundlage bilden die Formzahlen, d. h. sie sind nicht als einfache Durchschnittswerte aus den bei der Stammvermessung gefundenen Holzgehalten direkt berechnet worden, sondern man hat Bäume gleicher Holzart, Höhe, Durchmesser und Altersklasse zu Gruppen vereinigt, für diese die ausgeglichenen mittleren Brusthöhenformzahlen berechnet und dann erst aus diesen Formzahlen durch Multiplikation mit der Grundfläche bei 1,3 m und der Scheitelhöhe den durchschnittlichen Inhalt des Baumes rekonstruiert.

---

*) Näheres hierüber in A. v. Ganghofer, Das forstliche Versuchswesen Bd. 1 S. 113.

Der Durchmesser wurde bei 1,3 m vom Boden abgegriffen, die Scheitelhöhe vom Stockabschnitte (nicht vom Boden) an gerechnet und die Stockhöhe mit $^1/_8$ des Stockdurchmessers unmittelbar am Boden ohne Wurzelanlauf*) angenommen.

Die Tafeln beziehen sich auf Hochwald der verschiedensten Standortsverhältnisse und auf die prädominierenden und die beherrschten Stämme des Hauptbestandes, nicht aber auf die unterdrückten Stämme, welche den Nebenbestand bilden. Ein Verzeichnis derselben siehe S. 208.

c) Gebrauch der Massentafeln.

Die Massentafeln geben die Holzgehalte für die Durchmesser in geraden Centimetern und die Höhen in ganzen Metern, getrennt nach 40jährigen Altersabstufungen an. Zu ihrer Anwendung bedarf man also der annähernden Kenntnis des Alters, der des Brusthöhendurchmessers und der Scheitelhöhe. Soweit man die letztere nicht direkt mittels eines Höhenmessers messen kann, muß man sich dieselbe mittels Interpolation verschaffen.

Am einfachsten geschieht dies auf graphischem Wege, indem man im aufzunehmenden Bestande eine größere Anzahl von Baumhöhen, sowie die zugehörigen Brusthöhendurchmesser von schwachen, mittelstarken und starken Stämmen mißt und die gefundenen Höhen als Ordinaten eines rechtwinkligen Koordinatensystemes aufträgt, dessen Abscissen die Durchmesser bilden. Verbindet man dann die Endpunkte der Höhen und gleicht man diese unregelmäßige Verbindungslinie durch eine regelmäßig verlaufende Kurve aus, so kann man in dieser Höhenkurve die mittleren Höhen für alle Stärkestufen abgreifen.

In unserem Beispiele (siehe Muster Ia S. 245) würde sich folgender Verlauf der Höhenkurve ergeben:

Muster II.

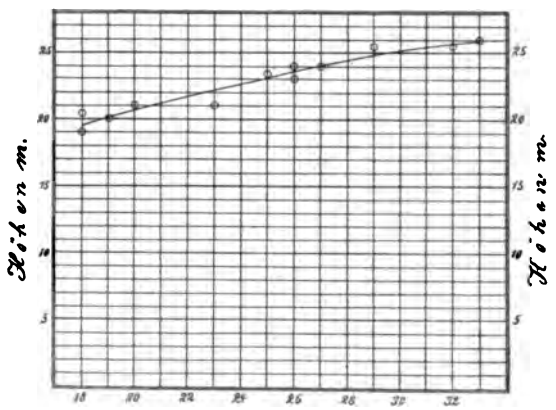


Fig. 111.

*) Vergl. hierzu v. Ganghofer, Das forstliche Versuchswesen I. S. 153, Note 43.

Die vorstehende Kurve zeigt

für die Durchmesser	18	20	22	24	26	28	30	32	cm
die Höhen genau	19,5	20,7	21,7	22,6	23,6	24,4	25,2	25,8	m
„ „ abgerundet	20	21	22	23	24	24	25	26	m.

Hieraus ergeben z. B. nach Baurs Fichtentafeln*) folgende Schaftmassen: 0,268 0,344 0,431 0,533 0,643 0,732 0,860 0,998 fm.

Sind die Inhalte für andere Höhen oder Durchmesser verlangt, als sie sich in den Tafeln finden, so lassen sich dieselben ohne Schwierigkeit interpolieren. Der Schaftgehalt einer 23 cm starken und 22,5 m hohen Fichte wäre beispielsweise nach denselben Tafeln 0,481 fm.

Den Schubergschen Massentafeln für die Tanne sind noch besondere Korrektionstafeln beigegeben, welche die besonderen Wuchsformen zu berücksichtigen gestatten, indem sie je nach dem Verhältnis zwischen δ und d besondere Ab- oder Zuschläge angeben, um welche die Angaben der allgemeinen Tafeln zu korrigieren sind. Schiffel**) hat dagegen seine Fichtentafeln gleich so konstruiert, daß sie besondere Eingänge, je nach den Formquotienten, d. h. nach dem Verhältnis $d_{\frac{1}{4}} : d$, $\delta : d$ oder $d_{\frac{3}{4}} : d$ enthalten.

Beispiel: Der kleine Bestand des Muster I würde, wenn sein Alter 80 Jahre betrüge, nach den Baurschen Massentafeln für Fichte folgenden Inhalt aufweisen.

Muster III. (Massentafelverfahren.)

Eines Stammes					Des ganzen Bestandes			
Durchmesser	Höhe s. oben	Derbholz S. 96	Reisig (Differenz)	Baumhalt (S. 100)	Stammzahl	Derbgehalt	Reisiggehalt	Gesamtgehalt
cm	m	fm			fm			
18	20	0,261	0,046	0,307	22	5,742	1,012	6,754
20	21	0,334	0,059	0,393	23	7,682	1,357	9,039
22	22	0,420	0,072	0,492	60	25,200	4,320	29,520
24	23	0,519	0,084	0,603	92	47,748	7,728	55,476
26	24	0,629	0,100	0,729	150	94,350	15,000	109,350
28	24	0,723	0,121	0,844	35	25,305	4,235	29,540
30	25	0,854	0,142	0,996	31	26,474	4,402	30,876
32	26	0,997	0,166	1,163	7	6,979	1,162	8,141
				Summe:	420	239,480	39,216	278,696

*) Formzahlen und Massentafeln für die Fichte, S. 91.

**) M. a. d. f. Vers. Wes. Östreichs. XXIV. Heft, Wien 1899.

d) Prüfung und Würdigung der Massentafeln.

Die durch die Verfasser selbst vorgenommenen Prüfungen der deutschen Massentafeln ergaben die folgenden sehr günstigen Resultate:

Holzart	Prozentische Abweichung des Bauminhaltes			Prüfungsmaterial
	im Maximum		durchschnittl.	
Kiefer	— 6,05	+ 4,62	— 0,05	17 Bestände
Buche	— 2,7	+ 4,3	+ 0,04	25 „
Tanne ohne Korr.	— 11,2	+ 16,8	+ 4,7	315 Stämme.
Tanne mit „	— 6,5	+ 3,7	+ 0,6	

Aber auch die alten bayrischen Massentafeln lieferten ähnlich befriedigende Resultate, wie die nachstehende kurze Übersicht ergiebt, welche sich auf die in Bayern, Württemberg und Preußen in großem Umfange vorgenommenen Prüfungen bezieht.*)

Holzart	Bayern		Württemberg		Preußen	
	der untersuchten Stämme					
	Zahl	dschn. Fehler %	Zahl	dschn. Fehler %	Zahl	dschn. Fehler %
Fichte . . .	18780	+ 0,4	203	— 1,5	6827	+ 0,4
Tanne . .	4500	— 0,5	496	— 1,2	51	— 4,2
Kiefer . . .	3085	— 0,8	250	+ 3,3	52581	+ 2,3
Eiche . . .	2616	+ 0,01	—	—	2665	+ 2,04
Buche . . .	4230	+ 1,5	236	+ 4,9	7021	+ 0,89
Birke . . .	2801	+ 0,7	—	—	1122	+ 0,06

Mag auch das vorstehende Prüfungsmaterial wegen der großen Zahl der untersuchenden Personen und der dadurch bedingten Ungleichheit der Arbeit nicht in jeder Beziehung absolut einwandfrei sein, so geht doch die Brauchbarkeit der Massentafeln ganz sicher hervor und es läßt sich aus ihnen der — übrigens a priori aufzustellende — Satz beweisen, daß die Genauigkeit der Massentafelangaben steigt, je größer die Zahl der Stämme ist, auf welche dieselben Anwendung finden.

Deswegen sind sie ein vorzügliches Hilfsmittel zur Inhaltsbestimmung der Bestände. Berücksichtigt man weiter, daß sie das lästige, für gewisse Arbeiten

*) Vergl. Baur, Holzmeßkunde, IV. Aufl., S. 360 und die dort nachgewiesenen Belegstellen.

sogar nachteilige Fällen von Probestämmen ganz ersparen, und weiter, daß sie auch das Maß der häuslichen Rechenoperationen auf ein Minimum vermindern, so ist man wohlberechtigt, die Überzeugung auszusprechen, daß die Inhaltsermittelung der Bestände mit allgemeinen Massentafeln alle anderen Aufnahmemethoden verdrängen wird, so lange es sich nicht um Gewinnung neuen statistischen Materials handelt und das Vorhandensein extremer Wuchsverhältnisse ausgeschlossen ist.

Aber auch der gefährliche Einfluß des letzteren Umstandes läßt sich zum größten Teile vermeiden, wenn man Massentafeln nach Art der Schubergschen oder Schiffelschen, also unter Berücksichtigung des Formquotienten für alle Holzarten konstruieren würde. Die Mühewaltung wird dann allerdings etwas vermehrt, denn die Tabellen müssen statt zweier nun drei Eingänge für Höhe, Formquotienten und Durchmesser (Schiffel) oder besondere Zuschlagstafeln (Schuberg) enthalten und außerdem muß man sich vor ihrer Benutzung durch Untersuchung einiger beliebig herauszugreifender Stämme über das Verhältnis zwischen d und δ (Formquotienten) orientieren. Mit einem solchen Verfahren ist aber nicht nur eine erhöhte Genauigkeit, sondern auch der Vorteil verbunden, daß hierdurch die Gliederung in Altersgruppen und somit die Frage nach dem Bestandsalter entbehrlich wird.*) Auch der Umstand verdient Erwähnung, daß die Benutzung des Formquotienten die Anwendung einer einzigen Massentafel für verschiedene formverwandte Holzarten als Aushilfe ganz gut gestattet, z. B. der Tannentafeln für Fichte.

e) Geschichtliches.

Der Versuch, Baummassentafeln aufzustellen, d. h. Tabellen zu entwerfen, welche den durchschnittlichen Inhalt eines Baumes bei gegebenen Durchmessern und Höhen angeben, kam fast gleichzeitig mit dem Gedanken der Formzahlen auf. Heinrich v. Cotta war es, welcher zuerst und zwar im Jahre 1804 in seiner „Systematischen Anleitung zur Taxation der Waldungen" (S. 121) derartige „Erfahrungstabellen" veröffentlichte und die Theorie der Massentafeln begründete.**)

Wie aber in der Entwickelung der Forstwirtschaft die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts überhaupt durch den Mangel exakter Forschung charakterisiert sind, so fand sich zunächst auch niemand, der den Cottaschen Gedanken weiter ausgebaut hätte. Erst die kgl. bayrische Regierung ließ ausgedehnte Untersuchungen (an 40220 Stämmen von Buche, Eiche, Birke, Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche) vornehmen und im Jahre 1846 in den bekannten „Bayrischen Massentafeln" veröffentlichen.***) Da sich dieselben als

*) Schuberg F. Zbl. 1893, S. 505.

**) Beiträge zur gesamten Forstwirtschaft von Hundeshagen-Klauprecht 1845, 3. Bd., II. Hft., S. 65, und A. F. u. J. Z. 1874, S. 255.

***) Massentafeln zur Bestimmung des Inhalts der vorzüglichsten teutschen Waldbäume. München 1846.

außerordentlich brauchbar erwiesen, so wurden sie bald in das preußische*) und österreichische**) und später auch in das metrische Maß***) umgerechnet. Inzwischen hatten auch Stahl†) und Kohli††) für Kiefern, ebenso Lauprecht für Eiche und Buche†††) selbständig Massentafeln aufgestellt, welche auf demselben Prinzipe wie die bayrischen beruhten, auch Burckhardt*†) berechnete 1861 ähnliche Tabellen (Stammtafeln), in denen er den Holzgehalt für Eiche, Buche, Fichte, Kiefer und Birke, für verschiedene Vollholzigkeitsklassen getrennt, darstellte.

Ganz anderer Natur dagegen waren die von König bereits im Jahre 1840 aufgestellten, auch in die späteren Auflagen seiner Forstmathematik übergegangenen*††) „Waldmassentafeln", welche nicht den Inhalt eines Einzelstammes, sondern den Holzgehalt pro Morgen auf Grund der mittleren Höhe und des ungefähren Schlußgrades angaben und daher mit den obigen nichts gemein haben, auch gegenwärtig kaum noch eine praktische Bedeutung besitzen. Dagegen haben sich die bayrischen Massentafeln nicht nur nach ihrem Prinzipe, sondern auch in ihrer Ausführung vortrefflich bewährt, so daß sie vielfache Anwendung fanden.

In ihrer metrischen Umrechnung von Ganghofer geben dieselben getrennt nach angehend haubaren (60—90jähr.) und haubaren (über 90jähr., bei Eichen über 150 J.) Beständen für Fichte, Tanne und Lärche den Schaftinhalt, für die übrigen Holzarten die Masse des Schaftes und der Äste bis zu 3 cm Stärke herab an, in Höhenabstufungen von 0,5 m und für die Brusthöhendurchmesser in geraden Centimetern. Der letztere ist bei 1,3 m vom Boden (4,5 bayr. Fuß), die Höhe vom Stockabschnitt bis zum äußersten Gipfel zu messen.*†††)

In der praktischen Anwendung zeigten die bayrischen Massentafeln äußerst befriedigende Resultate, die durch die systematischen Prüfungen, welche die bayrische, württembergische und preußische Staatsforstverwaltung vorgenommen wurden, wie oben gezeigt, in der einwandfreiesten Weise bestätigt wurden, so daß auch die theoretischen Einwendungen, welche von verschiedenen Seiten gegen das Prinzip derselben erhoben wurden, allmählich schweigen mußten.

*) Stahl, Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehalts stehender Bäume. Berlin 1852.
**) Buseck, Verh. der Forstsektion für Mähren und Schlesien. 1855. 2. Heft.
***) H. Behm, Massentafeln zur Bestimmung ꝛc. Berlin 1872.
A. Ganghofer, Der praktische Holzrechner nach Metermaß. 3. Aufl. Augsburg 1883. S. 221.
†) A. F. u. J. Z. 1850, S. 326.
††) Kohli, Anleitung zur Abschätzung stehender Kiefern ꝛc. Berlin 1861.
†††) A. F. u. J. Z. 1873, S. 221 ff.
*†) Burckhardt, Hilfstafeln für Forsttaxatoren. Hannover 1861. S. 123.
*††) Z. B. 5. Aufl. v. Grebe. 1864. S. 382 und Tabellen S. 122.
*†††) Speciellere Mitteilungen u. a. in Baurs Holzmeßkunde. IV. Aufl. S. 357.

So war es namentlich Preßler, welcher den Vorwurf erhob, daß der Einfluß des Alters nicht hinreichend zum Ausdruck gelange, ein Einwand, den er aber schließlich wieder fallen lassen mußte.

War somit das Prinzip der Massentafel bewährt, so konnte nur die Frage entstehen, ob das zur Konstruktion der Tafeln benutzte Material allen, auch den strengsten Anforderungen, Genüge leiste, und ob die Tabellen nicht nach der einen oder anderen Seite eines weiteren Ausbaues, entsprechend den im Laufe der Zeit in der Forstwirtschaft überhaupt eingetretenen neuen Anschauungen, bedürftig seien. Da mannigfache Unvollkommenheiten in ersterer Beziehung anerkannt und die letztere Frage bejaht werden mußte, so beschloß der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten in der Versammlung zu Eisenach im Jahre 1874 die vollständig neue Aufstellung von Formzahl- und Massentafeln auf einheitlicher Grundlage zunächst für die vier Hauptholzarten Fichte, Tanne, Kiefer, Buche, welche auch nach jahrelanger mühevoller Arbeit nunmehr vollendet vorliegen und zwar für Fichte 1890 von Baur, für Kiefer 1890 von Schwappach, für Tanne 1891 von Schuberg und für Buche 1898 von Horn-Grundner. Weitere kleinere Untersuchungen für andere Holzarten sind in der Zeitschriftenlitteratur zerstreut.

2. Inhaltsermittelung nach allgemeinen Formzahlen.

Anstatt für die gegebenen Höhen und Durchmesser gleich den zugehörigen Inhalt aufzusuchen, hätte man auch in einer Formzahltafel die Formzahlen aufschlagen und durch Multiplikation mit der Höhe und Kreisfläche der Durchmesserstufe die Inhalte der einzelnen Durchmesserstufen sich berechnen können.

Da wir nun aber einmal die Massentafeln haben, und da dieselben aus jenen Formzahlen hervorgegangen sind, so stellt die Benutzung der Formzahlen kein selbständiges Verfahren, sondern nur eine Variation des Massentafelverfahrens vor, und zwar eine Verschlechterung desselben, da es die mechanische Rechenarbeit erhöht und hierdurch neue Fehlerquellen mit sich bringt.

Handelt es sich aber einmal um einen Fall, in welchem zwar Formzahlen, nicht aber Massentafeln vorliegen, so kann man sich zweckmäßigerweise des auf der folgenden Seite stehenden Formulares bedienen, aus welchem das einfache Verfahren deutlich werden wird.

Etwas verringert wird die Rechenarbeit, sobald man nicht nur einfache Formzahltafeln benutzt, sondern solche, welche die Formhöhen, also das Produkt Höhe mal Formzahl, bereits fertig enthalten, wie sie von verschiedenen Verfassern, schon von König, später von Weise, Schuberg, Walther u. a. aufgestellt worden sind, überdies auch aus jeder Formzahltafel abgeleitet werden können. Anspruch auf die Stellung eines besonderen Verfahrens kann auch diese Methode nicht erheben, sie ist nur ein vereinfachtes Formzahlverfahren.

Anmerkung. Die eigentliche Formhöhenmethode wolle man an späterer Stelle S. 295 ersehen.

Muster IV. (Formzahlverfahren.)

Stammzahl der Durchmesserstufe	Brusthöhen-Durchm.	Vielfache Kreisfläche	Scheitelhöhe	Derbholzformzahl S. 66	Baumformzahl nach Baur S. 72	Derbholzgehalt fm.	Gesamtgehalt fm.
22	18	0,560	20	512	604	5,73	6,76
23	20	0,723	21	506	597	7,68	8,85
60	22	2,281	22	502	588	25,19	29,51
92	24	4,162	23	498	580	47,67	55,52
150	26	7,964	24	494	572	94,42	109,32
35	28	2,155	24	489	571	25,29	29,32
31	30	2,191	25	483	563	26,46	30,83
7	32	0,563	26	477	556	6,98	8,14
420		20,599				239,42	278,45

3. Inhaltsermittelung nach lokalen Massentafeln.

Massenkurvenverfahren von Prof. Speidel.

Die Erwägung, daß die allgemeinen Massentafeln in einzelnen Fällen die Inhalte mit Fehlern von unzulässiger und unkontrollierbarer Höhe wiedergeben, daß aber andererseits kein Verfahren von gleicher Genauigkeit in Bezug auf Kürze und Bequemlichkeit mit dem Massentafelverfahren konkurrieren kann, veranlaßte Prof. Speidel zu dem Vorschlage*), an ihrer Stelle jeweils zu erhebende lokale Massentafeln zu benutzen.

Diese von ihm Massenkurvenverfahren genannte Methode besteht darin, daß man in dem aufzunehmenden Bestande eine beliebige Anzahl von Stämmen verschiedenen Durchmessers genau kubiert und deren Inhalte als Ordinaten eines rechtwinkligen Systems mit den zugehörigen Durchmessern als Abscissen aufträgt. Durch Verbindung der Ordinatenendpunkte und graphischen Ausgleich der Verbindungslinien gewinnt man eine Kurve, die Massenkurve, welche den Inhalt zu jedem vorkommenden Durchmesser abzugreifen gestattet.

Um vor gröberen Irrtümern, namentlich im Verlaufe am Ende der Kurve bei den stärkeren Stämmen, gesichert zu sein, will Speidel die aus den allgemeinen Massentafeln abzunehmende Kurve, die Massentafelkurve, als Korrektiv benutzen.

Die Benutzung der so gewonnenen Holzgehalte für die Bestandsmassenermittelung erfolgt dann natürlich genau so wie oben beschrieben, unser Beispiel hiernach zu berechnen, ist nicht angängig und auch überflüssig.

*) Dr. Speidel, Beiträge zu den Wuchsgesetzen des Hochwaldes. Tübingen 1893, Heft I. Vergl. hierzu A. F. u. J. Z. 1894 S. 15, 1895 S. 225 und F. nat. Z. 1894 S. 262.

Ohne Zweifel kommt dem Verfahren Bedeutung für die wissenschaftliche Forschung zu, wenn auch die Benutzung der korrigierenden Massentafelkurve das Zugeständnis einer gewissen Schwäche in sich birgt. Für Zwecke der forstlichen Praxis dürfte es sich weniger empfehlen, weil man für jede Altersabstufung die Kurve besonders konstruieren muß und weil das Verfahren keinen Überblick über die zu erwartenden Sortimentsverhältnisse gewährt.

Anmerkung. Bereits vorher hatte Kopetzky*) ein Massenkurvenverfahren geschildert, das mit dem Speidelschen Gedanken übereinstimmt, auf die korrigierende Massentafelkurve jedoch Verzicht leistet, und das schon bei der Aufnahme von Urwäldern gute Dienste geleistet hat.

b) Proportionale Verteilung der Probestämme
Prinzip von Draudt.

Die nach dem soeben geschilderten Verfahren benutzten Probestämme sind zwar im einzelnen Musterstämme für die Durchmesserstufen, nicht aber auch zugleich in ihrer Gesamtheit für den ganzen Bestand. Das letztere würde nur dann der Fall sein, wenn ihre Zahl auf die einzelnen Durchmesserstufen so verteilt wäre, wie die letzteren selbst an der Zusammensetzung des ganzen Bestandes beteiligt sind, m. a. W., wenn die Zahl der Probestämme in jeder Durchmesserstufe einen bestimmten gleichen Prozentsatz betragen würde.

Dieses Prinzip findet sich bereits im Jahre 1814 in einer Schrift von A. v. Löwis**) klar ausgesprochen, geriet aber in Vergessenheit und wurde erst 1857 von dem damaligen hessischen Oberförster Dr. Aug. Draudt neu aufgestellt und hat seitdem eine ausgedehnte Beachtung in Litteratur***) und Praxis gefunden. Wählt man also nach dem Vorschlage von Draudt die Probestämme in den Durchmesserstufen, sodaß sie stets den nämlichen Prozentsatz der Stammzahl bilden, so sind die Quotienten

$$\frac{n_1}{\nu_1}; \frac{n_2}{\nu_2}; \frac{n_3}{\nu_3} \ldots \frac{n_x}{\nu_x}$$

einander gleich, d. h. auch gleich einer Konstanten c, welche $\frac{100}{p}$ beträgt.

*) Z. f. d. g. F. W. 1891 S. 303, 1892 S. 140 und 1895 S. 511.

**) v. Löwis, Anleitung zur Forstwirtschaft für Livland, Riga und Dorpat 1814 S. 201, vergl. A. F. u. J. Z. 1894 S. 305.

***) Wichtigste Litteratur:

Draudt, A. F. u. J. Z. 1857 S. 121, 1860 S. 465, 1862 S. 350. Derf. Die Ermittelung der Holzmassen. Gießen 1860.

Dr. Ed. Heyer, A. F. u. J. Z. 1860 S. 306. Derf. Zur Holzmassenermittelung, Bonitierung und Kritik der Taxationsmethoden. Gießen 1861.

Dr. M. Kunze, Die Draudtsche Methode u. s. w. Th. f. J. 1886 S. 1.

Dr. v. Lorey, A. F. u. J. Z. 1894 S. 15. 1895 S. 143.

Zu beachten sind auch die späteren Litteraturangaben über das Urichsche Verfahren!

Alsdann geht die Gleichung (2) des vorigen Verfahrens (S. 265), wenn wir die Inhalte der Probestämme mit v_1; v_2; $v_3 \cdots v_x$ bezeichnen, über in

$$V = (v_1 \nu_1 + v_2 \nu_2 + v_3 \nu_3 + \cdots + v_x \nu_x)\, c.$$

Für den Faktor c kann man aber setzen

$$\frac{\text{Zahl aller Stämme}}{\text{Zahl der Probestämme}} = \frac{[n]}{[\nu]}, \text{ denn es ist}$$

$n_1 = \nu_1 c$; $n_2 = \nu_2 c$; $n_3 = \nu_3 c \cdots n_x = \nu_x c$ oder nach Addition

$c(\nu_1 + \nu_2 + \nu_3 + \cdots + \nu_x) = (n_1 + n_2 + n_3 + \cdots + n_x)$; also

$$c = \frac{[n]}{[\nu]}.$$

Man erhält somit für den Holzgehalt des Bestandes

$$V = (v_1 \nu_1 + v_2 \nu_2 + v_3 \nu_3 + \cdots + v_x \nu_x) \frac{[n]}{[\nu]} \quad \ldots \quad \text{(I) (Gl. 3)}$$

$$V = J \cdot \frac{N}{N'}$$

d. h. der Holzgehalt des Bestandes ist gleich der Summe der Inhalte der Probestämme, multipliziert mit dem Quotienten aus Gesamtstammzahl durch Probestammzahl.

Der praktischen Anwendung dieser einfachen Formel steht aber noch der Übelstand im Wege, daß die Zahl der in den einzelnen Durchmesserstufen fällbaren Stämme nur in ganz seltenen Ausnahmefällen dem Quotienten $\nu = \frac{n}{c}$ scharf entsprechen wird, weil $\frac{n_1}{c}$ $\frac{n_2}{c}$ u. s. f. in der Regel keine ganzen Zahlen sind und man doch in Wirklichkeit nur ganze Bäume fällen kann.

Hierdurch wird aber die Summe des Inhalts der Probestämme J fehlerhaft. Diesen Fehler im Zähler des Bruches muß man durch einen entgegengesetzten im Nenner, der als Funktion jenes ersten auftritt, eliminieren und dies geschieht, indem man den Quotienten $\frac{[n]}{[\nu]}$ durch den Ausdruck $\frac{G}{[\gamma\nu]}$ ersetzt.

Diese Substitution ist mathematisch richtig unter der Voraussetzung, daß die Formhöhe HF des Bestandes gleich den Formhöhen $h_1 f_1$; $h_2 f_2$; $\cdots h_x f_x$ sämtlicher Stärkestufen ist. Denn drückt man in (Gl. 3) die Holzgehalte durch die Kreisflächen und Formhöhen aus, so ist

$$GHF = (\gamma_1 h_1 f_1 \nu_1 + \gamma_2 h_2 f_2 \nu_2 + \cdots + \gamma_x h_x f_x \nu_x) \frac{[n]}{[\nu]}.$$

Unter der genannten Voraussetzung läßt sich aber

HF gegen $h_1 f_1$; $h_2 f_2$ u. s. f. streichen und es bleibt

$$G = (\gamma_1 \nu_2 + \gamma_2 \nu_2 + \cdots \gamma_x \nu_x) \frac{[n]}{[\nu]}$$

oder $$\frac{G}{[\gamma\nu]} = \frac{[n]}{[\nu]}.$$

Es ist also der Holzgehalt eines Bestandes

$$V = [v\nu]\frac{G}{[\gamma\nu]} = J \cdot \frac{G}{\Gamma} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{II (Gl. 4).}$$

In Worten: Steht nach Draudts Vorschlag die Zahl der Probestämme in den Durchmesserstufen **annähernd** in einem konstanten Verhältnisse zur Stammzahl der letzteren, so ist der Holzgehalt des Bestandes gleich dem Inhalte aller Probestämme multipliziert mit dem Quotienten aus der Kreisflächensumme des Bestandes durch die Kreisflächensumme der Probestämme.

Für die Anwendung dieser Methode ist es vorteilhaft, die Abrundung der Durchmesser nicht zu eng zu wählen, damit man stammreiche Durchmesserstufen bekommt, in denen sich infolge dessen ein $\nu > 0{,}5$ berechnet, d. h. ein oder mehrere Vertreter ergeben. Trotzdem wird man es nicht vermeiden können, daß auf einzelne stammarme Stufen gar kein Vertreter entfällt, oder daß man mehrere derselben zu einer Klasse zusammenfassen und für diese einen gemeinsamen Musterstamm berechnen muß, der sich dann natürlich als Klassenmittelstamm (siehe die folgenden Verfahren) charakterisiert.

Anmerkung: Aus dem letzteren Umstande eine Übereinstimmung zwischen dem Draudtschen und dem nachfolgenden Urichschen Verfahren herleiten und von einem Draudt-Urichschen Verfahren reden zu wollen, wäre verfehlt, denn Urich verwendet Klassenmittelstämme prinzipiell für sämtliche Stämme und für umfangreiche Klassen, während Draudt hiervon nur gezwungenerweise Gebrauch macht. Im Prinzip der Proportionalität und gemeinsamen Aufarbeitung stimmen beide überein.*)

Um für die Gesamtsumme der Probestämme immer eine ganze Zahl zu bekommen, thut man besser, von vornherein diese und nicht einen bestimmten Prozentsatz, etwa in ganzen Prozenten, festzustellen. Die Zahl der auf eine Durchmesserstufe fallenden Musterstämme ergiebt sich dann mit Hilfe des Reduktionsfaktors $\frac{1}{c} = \frac{[\nu]}{[n]}$. Wollten wir in unserem Beispiele (Muster I) 12 Probestämme benutzen, so wäre $[n] = 420$; $[\nu] = 12$, somit

$$\text{die Konstante } c = 35 \text{ oder}$$

$$\text{der Reduktionsfaktor } \frac{1}{c} = \frac{12}{420} = 0{,}0286.$$

Wir bilden noch Durchmesserstufen von 2 cm Abrundung und erhalten für die Probestammberechnung folgendes Muster Va, in welchem die Flächenberechnungen mit irgend einer Tafel der vielfachen Kreisflächen (sehr angenehm sind die von Kunze) ausgeführt werden können.

*) Vergl. Lorey, A. F. u. J. Z. 1894, S. 15 u. 1901, Febr.-Hft.

Muster Va. (Draudt.)

Verteilung der Probestämme nach dem Draudtschen Verfahren.

Stammzahl 420; Probestammzahl 12; Reduktionsfaktor $\frac{1}{c} = 0{,}0286$.

Durchmesser bei 1,3 m cm	Stammzahl	Vielfache Kreisfläche qm	Anzahl der zu fällenden Probestämme berechnet	abgerundet
18	22	0,560	$22 \times 0{,}0286 = 0{,}63$	1
20	23	0,723	$23 \times 0{,}0286 = 0{,}66$	
22	60	2,281	$60 \times 0{,}0286 = 1{,}69$	2
24	92	4,162	$92 \times 0{,}0286 = 2{,}63$	3
26	150	7,964	$150 \times 0{,}0286 = 4{,}29$	4
28	35	2,155	$35 \times 0{,}0286 = 1{,}00$	1
30	31	2,191	$31 \times 0{,}0286 = 0{,}89$	1
32	7	0,563	$7 \times 0{,}0286 = 0{,}20$	—
—	420	20,599	—	12

Diese so für die einzelnen Durchmesserstufen gefundenen Probestämme werden nun im Bestande ausgesucht und auf irgend einem Wege, je nach den äußeren Umständen und der verlangten Feinheit des Resultates, kubiert. Da der Inhalt der Probestämme in der Formel (4) zu einer Summe vereint erscheint, so besteht die große Annehmlichkeit, dieselben auch gemeinsam aufarbeiten, in die ortsüblichen Sortimente einschlagen und so kubieren zu können, was die Arbeit nicht nur wesentlich erleichtert, sondern auch besondere Vorteile bietet, falls das Resultat der Aufnahme für die Zwecke der Wirtschaft selbst Verwendung finden soll. Weiterhin bietet, wie bereits ausgeführt, die Benutzung des Kreisflächenquotienten $\frac{G}{[gv]}$ nicht nur einen Schutz gegen die Folgen einer nicht streng proportionalen Verteilung der Probestämme, sondern auch, was übrigens auf dasselbe hinausläuft, gegen die Abweichungen der Probestammdurchmesser von den genauen Mittelwerten für die Durchmesserstufen. Man ist dadurch in der Wahl der Stämme wesentlich weniger beschränkt, kann sein Augenmerk mehr auf die allgemeine Tauglichkeit richten und wird nur darauf zu sehen haben, daß sich begangene Abweichungen möglichst ausgleichen, so daß $[gv]c$ möglichst gleich G wird.

Die weitere Ausführung des Beispiels stellt sich dann wie folgt:

Muster Vb. (Draudt.)

Berechnung des Probeholzes.

Nr.	d bei 1,3 m cm	Kreisfläche qm	Holzgehalt an der Probestämme: Derbholz fm	Reisig fm	Nutzholz fm	Brennknüppel rm zu 0,75 fm	Wellenhunderte zu 2 fm	Ges. Masse fm
1	19,8	0,0308	0,318	0,066				0,384
2	22,0	0,0380	0,402	0,045				0,447
3	23,2	0,0423	0,470	0,053				0,523
4	24,0	0,0452	0,519	0,083				0,602
5	25,1	0,0495	0,602	0,088				0,690
6	24,9	0,0487	0,580	0,065				0,645
7	26,0	0,0531	0,629	0,101	5,69 (gemeinsame Aufarbeitung)	2,40	0,40	0,730
8	27,1	0,0577	0,660	0,094				0,754
9	27,0	0,0573	0,645	0,115				0,760
10	26,2	0,0539	0,610	0,122				0,732
11	28,6	0,0642	0,732	0,140				0,872
12	31,4	0,0774	0,983	0,165				1,148
	Summe	0,6181	7,150	1,137	5,69	2,40 1,80 fm	0,40 0,80 fm	8,287

Der Faktor $c = \frac{G}{[gv]}$ ist somit $= \frac{20{,}599}{0{,}6181} = 33{,}32$ und der Holzgehalt des Bestandes

an Derbholz $= 7{,}150 \cdot 33{,}32 = 238{,}24$ fm.
„ Reisig $= 1{,}137 \cdot 33{,}32 = 37{,}88$ „
„ Gesamtmasse $= 8{,}287 \cdot 33{,}32 = 276{,}12$ „
oder an Nutzholz $= 5{,}69 \cdot 33{,}32 = 189{,}59$ „
„ Brennknüppel $= 2{,}40 \cdot 33{,}32 = 79{,}97$ rm zu 0,75 fm.
„ Wellen $= 0{,}40 \cdot 33{,}32 = 13{,}33$ Wellenhunderte zu 2 fm.

B. Vereinigung benachbarter Durchmesserstufen zu Durchmesserklassen.

Allen im vorhergehenden Abschnitte geschilderten Ermittelungsverfahren liegt der Gedanke zu Grunde, daß die in einer Durchmesserstufe vereinigten Stämme in Durchmesser und Inhalt übereinstimmen, sodaß jeder beliebige Baum als Musterstamm dienen konnte. Praktisch muß man diese Übereinstimmung als thatsächlich bestehend für alle Stämme annehmen, deren

Durchmesser sich innerhalb der für die Stammgruppe gewählten Durchmesserabrundung bewegen. Setzt man jedoch dieser Abrundung etwas weite Grenzen, so werden diejenigen Stämme, deren Durchmesser sich diesen Grenzen nähern, den mittleren Holzgehalt der Durchmesserstufe nur mit einem Fehler angeben und nicht mehr ohne weiteres als Musterstämme brauchbar sein. Man muß in solchem Falle sich vielmehr bemühen, nur solche Stämme zu wählen, welche dem Mittelwerte der Durchmesserabrundung nahe kommen, kann jedoch von einer genaueren Berechnung des Durchmessers des Musterstammes noch Abstand nehmen.

Würde man aber die Abrundung noch weiter treiben, oder m. a. W., würde man mehrere benachbarte Durchmesserstufen zu Durchmesserklassen vereinigen, so ist dies einfache Verfahren nicht mehr zulässig und es muß eine specielle Berechnung des mittleren Durchmessers und der mittleren Höhe des Repräsentanten für die Klasse Platz greifen, wie dies in dem früheren Abschnitte über Probestämme dargelegt worden ist. Die Ermittelung dieser Probestammdimensionen ist für sämtliche nachstehend zu schildernde Methoden im wesentlichen die gleiche und ebenso kann die Kubierung der Probestämme nach einem beliebigen der unter A. a. beschriebenen Verfahren erfolgen. Ein Unterschied der Methoden besteht in diesen Punkten also nicht, ein solcher ergiebt sich vielmehr nur aus der Art und Weise, wie man die Stärkestufen zu Stärkeklassen vereinigt. Das aber kann nach folgenden Grundsätzen geschehen.

a) Beliebige Abgrenzung der Durchmesserklassen.

Vereinigt man die Durchmesserstufen beliebig zu m Durchmesserklassen, welche die mittleren Durchmesser D_1 D_2 $D_3 \cdots D_m$
die Stammzahlen N_1 N_2 $N_3 \cdots N_m$ und den
durchschnittl. Inhalt eines Mittelstammes ι_1 ι_2 $\iota_3 \cdots \iota_m$ aufweisen,
so ergiebt sich der Holzgehalt des ganzen Bestandes

$$V = \iota_1 N_1 + \iota_2 N_2 + \iota_3 N_3 + \cdots + \iota_m N_m$$

in derselben Weise, wie wir es oben (S. 275) bei den Stärkestufen sahen. Ganz analog würde man erhalten, wenn man $\nu_1; \nu_2; \nu_3 \cdots \nu_m$ Probestämme wählte:

$$V = \nu_1 \iota_1 \frac{N_1}{\nu_1} + \nu_2 \iota_2 \frac{N_2}{\nu_2} + \nu_3 \iota_3 \frac{N_3}{\nu_3} + \cdots + \nu_m \iota_m \frac{N_m}{\nu_m}.$$

Man kann von einer solchen Vereinigung gelegentlich Gebrauch machen, wenn man ohne große Umstände rasch aus den Ergebnissen einer Kluppierung mit kleiner Abrundung den Holzgehalt ermitteln will. Eine gemeinsame Inhaltsberechnung der Probestämme ist hierbei nicht angängig.

Eine derartige, in unserem Sinne willkürliche, Klassenbildung wird gegenwärtig angewendet*) bei dem

Verfahren der Preußischen forstlichen Versuchsanstalt.

Bei diesem werden von den 400 stärksten Stämmen eines Hektares 4 Klassen zu je 100 Stämmen, von den nächststärksten 600 Stämmen 3 Klassen zu je 200 Stämmen und vom Reste Klassen zu je 400 Stämmen gebildet. Für jede Gruppe wird der mittlere Durchmesser berechnet, die Formzahl und die mittlere Höhe aber an Modellstämmen ermittelt, die ohne besondere Berechnung frei aus möglichst verschiedenen Stärkestufen entnommen werden. Selbstverständlich wäre aber auch jede beliebige andere Inhaltsermittelung der Probestämme zulässig.

Anmerkung. Nach ähnlichen Grundsätzen wollte Block die Klassen gebildet wissen, indem er Gruppen von je 50 Stück wählte. A. F. u. J. Z. 1889 S. 233.

Eine größere Sicherheit bezüglich des Gesamtergebnisses an Holzmasse gewährt diese Klassenbildung nicht, sie erhöht außerdem wegen der größeren Zahl der Klassen den Arbeitsaufwand und erlaubt nicht die gemeinsame Probestammaufbereitung, doch gewährt sie einen guten Einblick in die Zuwachsverhältnisse, insbesondere in die Beteiligung der einzelnen Stärkestufen an der Holzmasse bezw. am Zuwachse, und ist deswegen für Ertragsuntersuchungen als ganz zweckmäßig zu bezeichnen.

b) Anwendung des Draudtschen Prinzipes auf die Durchmesserklassen.

Da sich die Durchmesserklassen im Grunde genommen nur durch die größere Weite der Durchmesserabrundung von den Stärkestufen unterscheiden, so muß es auch möglich sein, die großen Vorteile, welche die Anwendung des Draudtschen Prinzipes mit sich bringt, auch auf erstere zu übertragen. Man hat zu diesem Zwecke nur nötig, die Anzahl der Klassenprobestämme proportional der Anzahl der in den Klassen zusammengefaßten Stämme zu wählen, und kann hierzu zwei Wege einschlagen.

1. Klassen mit ungleicher Stammzahl.

Urichs Verfahren I.

Ist man in der Bildung der Klassen ganz unbeschränkt, so kann man die Anzahl der Klassenstämme so wählen, daß sie immer annähernd ein Vielfaches von dem Verhältnis: Stammzahl des Bestandes zur Zahl der Probestämme, also von dem Draudtschen Faktor c bilden, dann lassen sich die Probestämme ohne Umstände proportional auf die Klassen verteilen. In diesem Falle muß aber, wie keines weiteren Beweises bedarf, die Gleichung (3) des ursprünglichen Draudtschen Verfahrens

*) Z. f. F. u. J. 1891 S. 525.

$$V = J \cdot \frac{N}{N'} \text{ und ebenso auch die Gleichung (4)}$$

$$V = J \frac{G}{\Gamma} \text{ auch für die Stärkeklassen gelten}$$

und alle Vorteile jener Methode auch der vorliegenden zu gute kommen.

Zweckmäßigerweise wird man die ersten und die letzten Klassen, welche die schwächeren bezw. die stärksten Stämme enthalten, mit weniger Stämmen ausstatten, um auf diese Weise den Einfluß der mittelstarken Bäume, welche i. d. R. die Hauptmasse des Bestandes liefern, auch in der Zahl und dem Holzgehalte der Probestämme ihrer Bedeutung entsprechend zum Ausdrucke zu bringen.

Es läßt sich dies Verfahren in 2 Variationen zur Anwendung bringen: Entweder, und so lautet der erste Vorschlag von Urich (A. F. u. J. Z. 1881 S. 401), man begnügt sich mit annähernder Proportionalität der Stammzahlen, indem man die Durchmesserstufen ohne letztere zu zerreißen auf die Klassen verteilt, oder man wahrt die Proportionalität streng, indem man dieselben zerreißt und nach Bedürfnis auf zwei benachbarte Klassen verteilt, wie es im nachfolgenden Beispiele geschieht*).

Beispiel: Würden wir für unser Zahlenbeispiel 5 Klassen bilden und die Zahl der Probestämme $N' = 12$ setzen, so wäre $N : N' = 420 : 12 = 35$. Würde dann weiter vorgeschlagen, die Stammzahlen der Klassen dem Verhältnis $1:2:3:4:2$ entsprechen zu lassen, so ergäbe sich die auf der nächsten Seite folgende Ausführung (Muster VI).

2. Klassen mit gleicher Stammzahl.

a) Urichs Verfahren II.

Es ist offenbar, daß die Proportionalität zwischen Stammzahl und Probestammzahl in den Klassen auch dann und zwar in der einfachsten Form besteht, wenn man die Klassen mit gleichviel Stämmen ausstattet und in jeder gleichviel Probestämme benutzt. Es muß also auch in diesem Falle die Draudtsche Gleichung

$$V = [\iota\nu] \frac{G}{[\gamma\nu]} \text{ oder } J \cdot \frac{G}{\Gamma}$$

gerade so wie vorhin gelten.

Man wird hierbei nur noch zu beachten haben, daß die Zahl der Probestämme durch die Zahl der Klassen ohne Rest teilbar sein, oder, daß man umgekehrt die Zahl der Klassen nach den zur Verfügung stehenden Probestämmen festsetzen muß.

Dies ebenso wie das vorhergehende von Urich**) herrührende Verfahren

---

*) Neuerdings Z. f. d. g. F. 1897 S. 109 von A. Schiffel befürwortet.

**) A. F. u. J. Z. 1860, S. 381; 1862, S. 77; 1865, S. 325.
Vergl. ferner Z. f. F. u. J. 1881, S. 397, 1884, S. 16.

Muster VI. (Urich I.)

Klasse	Durchmesser bei 1,3 m	des Bestandes: Stammzahl N	des Bestandes: Vielfache Kreisfläche G	der Probestämme: Mittlere Kreisfläche $\gamma = \frac{G'}{N}$	der Probestämme: Durchmesser $\delta = \sqrt{\frac{4\gamma}{\pi}}$	der Probestämme: Anzahl	der Probestämme: Vielfache Kreisfläche $\gamma\nu$	der Probestämme: Holzgehalt. Gesamtmasse	Bemerkungen
	cm	–	qm	qm	cm		qm	fm	
I	18	22	0,560	$\gamma_1 = \frac{0,968}{35}$					Gemeinsame Aufarbeitung möglich!
	20	13	0,408						
		35	0,968	0,0277	18,8	1	0,0277	0,35	
II	20	10	0,314	$\gamma_1 = \frac{2,595}{70}$					
	22	60	2,281						
		70	2,595	0,0371	21,7	2	0,0742	0,88	
III	24	92	4,162	$\gamma_3 = \frac{4,852}{105}$					
	26	13	0,690						
		105	4,852	0,0462	24,3	3	0,1386	1,86	
IV	26	137	7,273	$\gamma_4 = \frac{7,458}{140}$					
	28	3	0,185						
		140	7,458	0,0533	26,1	4	0,2132	2,92	
V	28	32	1,970	$\gamma_5 = \frac{4,724}{70}$					
	30	31	2,191						
	32	7	0,563						
		70	4,724	0,0675	29,3	2	0,1350	1,80	
Summe		420	20,597	—	—	12	0,5887	7,81	

Der Holzgehalt des Bestandes an Derbholz und Reisig wäre dann

$$V = \frac{20,597}{0,5887} \cdot 7,81 = 34,98 = 273,19 \text{ fm.}$$

ist von dem Verein deutscher forstl. Versuchsanstalten für seine Ertragsuntersuchungen angenommen worden, in der Weise, daß fünf Klassen mit in der Regel je fünf Probestämmen benutzt werden. In dieser Ausführung ist der Umfang der einzelnen Klassen nicht zu groß, der Kreisflächenmittelstamm jeder Klasse wird dem mittleren Holzgehalt sehr nahe kommen und etwa vorhandene, nicht zu große Fehler in seiner Kreisfläche werden durch die Form der Draudtschen Formel, wie bekannt, fast gänzlich aufgehoben.

Beispiel: Würden wir hiernach unser kleines Beispiel ausführen, so würde sich bei Beibehaltung von 12 Probestämmen die Bildung von 6 Klassen empfehlen, die dann je 70 Stämme enthalten müßten.

Muster VII. (Urich II.)

der Klassen				der Probestämme					
Nr.	Durchmesser bei 1,3 m cm	Stammzahl	Kreisfläche qm	mittlere Kreisfläche qm	mittl. Durchmesser cm	Anzahl	vielfache Kreisfläche qm	Holzgehalt Gesamtmasse fm	Bemerkungen
I	18	22	0,560	$\frac{2,233}{70}$					Gemeinsame Aufarbeitung zulässig!
	20	23	0,723						
	22	25	0,950						
		70	2,233	0,0319	20,2	2	0,0638	0,78	
II	22	35	1,330	$\frac{2,913}{70}$					
	24	35	1,583						
		70	2,913	0,0416	23,0	2	0,0832	1,01	
III	24	57	2,579	$\frac{3,269}{70}$					
	26	13	0,690						
		70	3,269	0,0467	24,4	2	0,0934	1,20	
IV	26	70	3,717	$\frac{3,717}{70}$					
		70	3,717	0,0531	26,0	2	0,1062	1,46	
V	26	67	3,557	$\frac{3,742}{70}$					
	28	3	0,185						
		70	3,742	0,0535	26,1	2	0,1070	1,47	
VI	28	32	1,970	$\frac{4,724}{70}$					
	30	31	2,191						
	32	7	0,563						
		70	4,724	0,0675	29,3	2	0,1350	2,01	
des Bestandes		420	20,598			12	0,5886	7,93	

Die Holzmasse des ganzen Bestandes ist somit

$$V = \frac{20,598}{0,5886} \cdot 7,93 = 34,98 \cdot 7,93 = 277,39 \text{ fm}.$$

β) Urichs Verfahren III.

Schon Baur hatte 1882 den Vorschlag gemacht,*) die Durchmesser der Klassenprobestämme nicht scharf zu berechnen, sondern derjenigen Stärkestufe zu entnehmen, welche in den Klassen am zahlreichsten vertreten ist. Diese Einschätzung ist bis auf wenige Millimeter genau sehr leicht auszuführen, sofern man in einer Klasse nicht zu viele Stärkestufen vereinigt, d. h. wenn man viele Klassen bildet. Ein Blick auf die letzten Beispiele läßt das leicht erkennen. Urich kommt 1884 auf diesen Vorschlag zurück und zeigte**) des weiteren in Verfolg eines von Prof. Speidel***) ausgesprochenen Gedankens, daß man bei Bildung gleich bevölkerter Klassen auch im übrigen von jeder Kreisflächenberechnung der Klassen- und der Probestämme Abstand nehmen und den Holzgehalt einfach erhalten kann aus

$$V = \frac{N}{[\nu]} \cdot [\iota\nu] = \frac{\text{Stammzahl} \times \text{Probestamminhalte}}{\text{Probestammzahl}} \quad . \quad . \quad \text{(III)}.$$

In Worten: Bildet man Klassen gleicher Stammzahl und benutzt man in jeder gleichviel Probestämme, so ist der Holzgehalt des Bestandes gleich dem Holzgehalt der Probestämme multipliziert mit dem Quotienten aus Gesamtstammzahl durch Probestammanzahl.

Also genau dieselbe Formel wie die erste Draudtsche (S. 277). Der Einwand aber, den man gegen letztere erheben konnte, daß nämlich auf eine Stammgruppe rechnungsmäßig Bruchteile von Probestämmen entfallen könnten, und der diese Formel unbrauchbar machte, fällt hier fort, da man bei der Urichschen Methode eben die Zahl der zu einer Klasse zu vereinigenden Stämme von vornherein so wählt, daß dies nicht eintritt. Ein besonderer neuer mathematischer Beweis ist somit für die Urichsche Formel III gar nicht erforderlich.

Das ganze Verfahren ist in kurzen Zügen das folgende:

Man kluppiert den Bestand, entscheidet sich über die Zahl der Klassen und verteilt die Stämme gleichmäßig auf diese. Dann schätzt man in jeder den durchschnittlichen Durchmesser und wählt hiernach für jede Klasse einen oder mehrere, aber immer gleichviel Probestämme, deren Inhalt nach irgend einem Verfahren ermittelt wird, und welche gemeinsam aufgearbeitet werden dürfen. Hieraus ergiebt sich in der angegebenen Weise die Masse des ganzen Bestandes.

Beispiel: Ein besonderes Beispiel erscheint überflüssig. Aus den Zahlenverhältnissen des Musters ersieht man in Spalte 2 und 3 leicht die Durchmesser der Klassenmittelstämme bis auf Millimeter genau.

*) Holzmeßkunde. III. Aufl. 1882. S. 310. IV. Aufl. 1891. S. 329.
**) F. Zbl. 1896. S. 188 und F. Zbl. 1900. S. 78.
***) A. F. u. J. Z. 1895. S. 221.

Würdigung. Das Verfahren stellt sich als äußerst einfach und bequem in der Anwendung dar. Die Genauigkeit ist eine völlig genügende, sofern man nicht zu wenig Klassen bildet und die Durchmesser sicher einschätzt, was aber leicht möglich ist. Es bietet ferner die Möglichkeit, die Ermittelung der Probestämme sofort nach der Kluppierung vornehmen zu können, ein Umstand, der mehrfache Vorteile, insbesondere auch Zeitgewinn in sich schließt. Notwendig ist jedoch, daß die Probestämme auch den geschätzten Durchmesser möglichst genau aufweisen, weil eine Korrektur unrichtiger Holzmassen durch den Kreisflächenquotienten wie beim Verfahren II nicht eintritt. Dieser Umstand ist eigentlich der einzige Mangel des Verfahrens.

c) Klassen gleicher Stammgrundfläche.

Rob. Hartigs Verfahren.

Von Rob. Hartig wurde 1868 der Vorschlag gemacht,*) die Klassen nicht mit gleichviel Stämmen, sondern mit einer gleich großen Grundfläche auszustatten und für diese immer gleichviel Probestämme zu benutzen. Er erreicht auf diese Weise, daß auch die Holzgehalte der Klassen nicht mehr so weit auseinandergehen, wie es beim Urichschen Verfahren gewöhnlich der Fall ist.

Es ist dann der Holzgehalt des Bestandes

$$V = \iota_1 N_1 + \iota_2 N_2 + \iota_3 N_3 + \cdots + \iota_m N_m.$$

Da nun

$$\gamma_1 N_1 = G_1;\ \gamma_2 N_2 = G_2 \text{ u. s. f. bis } \gamma_m N_m = G_m$$

sein soll, so ist

$$N_1 = \frac{G_1}{\gamma_1};\ N_2 = \frac{G_2}{\gamma_2} \text{ u. s. f. bis } N_m = \frac{G_m}{\gamma_m}.$$

Setzt man diese Werte in obige Gleichung ein, so resultiert

$$V = \iota_1 \frac{G_1}{\gamma_1} + \iota_2 \frac{G_2}{\gamma_2} + \iota_3 \frac{G_3}{\gamma_3} + \cdots + \iota_m \frac{G_m}{\gamma_m}$$

bezw. wenn man in jeder Klasse ν Probestämme benutzt,

$$V = \iota_1 \nu \frac{G_1}{\gamma_1 \nu} + \iota_2 \nu \frac{G_2}{\gamma_2 \nu} + \iota_3 \nu \frac{G_3}{\gamma_3 \nu} + \cdots + \iota_m \nu \frac{G_m}{\gamma_m \nu}.$$

Da nun nach Voraussetzung die Klassenkreisflächen $G_1\, G_2\, G_3 \cdots G_m$ gleich, nämlich gleich $\frac{G}{m}$ sein sollen, so ergiebt sich die Hartigsche Formel:

$$V = \frac{G}{m}\left[\frac{\iota_1 \nu}{\gamma_1 \nu} + \frac{\iota_2 \nu}{\gamma_2 \nu} + \frac{\iota_3 \nu}{\gamma_3 \nu} + \cdots + \frac{\iota_m \nu}{\gamma_m \nu}\right] \quad \ldots \quad \text{Gl. (5).}$$

*) Hartig, Die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchenbrennholzwirtschaft im Harze und im Wesergebirge. Stuttgart 1868. S. 16 ff.

In Worten: Bildet man Klassen gleicher Stammgrundfläche, so ist der Inhalt des Bestandes gleich der Summe der Quotienten aus den Massen der Klassenprobestämme durch die Kreisflächen derselben, multipliziert mit dem Quotienten aus der Kreisfläche des Bestandes durch die Zahl der Klassen.

Beispiel: Würden wir in unserem Beispiel 4 Klassen nach Hartig wählen, so wäre $\frac{G}{m} = \frac{20{,}598}{4} = 5{,}1495$ qm, rund 5,150 qm und die Stämme verteilten sich wie folgt:

Muster VIII. (Hartigs Methode.)

der Klassen				der Probestämme					der Klassen Holzgehalt Gesamtmasse	Bemerkungen
Nr.	Durchmesser cm	Stammzahl	Kreisfläche qm	mittl. Kreisfläche qm	Durchmesser cm	Anzahl	vielfache Kreisfläche qm	Holzgehalt Gesamtmasse eines Stammes fm	fm	
I	18	22	0,560							Die Probestämme müssen für die einzelnen Klassen getrennt aufgearbeitet werden!
	20	23	0,723	5,146						
	22	60	2,280	140						
	24	35	1,581							
		140	5,146	0,0368	21,6	3	0,1104	0,440	61,60	
II	24	57	2,579	5,181						
	26	49	2,602	106						
		106	5,181	0,0489	24,9	3	0,1467	0,670	71,02	
III	26	97	5,150	5,150						
				97						
				0,0531	26,0	3	0,1593	0,730	70,81	
IV	26	4	0,212							
	28	35	2,155	5,121						
	30	31	2,191	77						
	32	7	0,563							
		77	5,121	0,0665	29,1	3	0,1995	0,920	70,84	
des Bestands		420	20,598			12			274,27	

Würdigung. Hartigs Behauptung, daß die Klassen nach dem Urichschen Verfahren sehr ungleiche Holzgehalte aufweisen, trifft zwar zu und

damit die weitere, daß Fehler im Holzgehalte der Probeſtämme weder durch die Quotienten $\frac{\iota\nu}{\gamma\nu}$, noch durch gegenſeitigen Ausgleich unter den Klaſſen vollſtändig und ſicher zum Verſchwinden gebracht werden können, ſofern ſie durch ungleichmäßige Wahl der Probeſtämme, bald vollholzige, bald abholzige, hervorgerufen werden. Aber durch die Gleichheit der Klaſſenkreisflächen kann die völlige Gleichheit der Holzmaſſen auch nur zum Teil herbeigeführt werden, weil die Klaſſen ungleiche durchſchnittliche Höhen aufweiſen.

Die Bildung der Klaſſen gleicher Grundfläche macht zwar einige Umſtände, iſt aber mit Hilfe einer Tafel der vielfachen Kreisflächen leicht durchzuführen, indem man zunächſt die Klaſſenkreisfläche G′ aus $\frac{G}{m}$ ermittelt und, von der ſchwächſten Durchmeſſerſtufe anfangend, jeder Klaſſe ſo viele Stämme zuteilt, als zur Erfüllung dieſer Fläche notwendig ſind.

Schwerer wiegt der Umſtand, daß die Holzgehalte der Probeſtämme nicht zu einer Summe vereinigt, ſondern nur für jede einzelne Klaſſe getrennt berechnet werden dürfen. Kunze weiſt aber in dieſer Beziehung auf die Möglichkeit hin*), wenigſtens die Formhöhen aller Klaſſen in eine Summe zuſammenfaſſen zu können.

Da nämlich $\iota_1 = \gamma_1 h_1 f_1$; $\iota_2 = \gamma_2 h_2 f_2$ u. ſ. f. iſt, ſo iſt auch

$$\frac{\iota_1}{\gamma_1} = h_1 f_1;\ \frac{\iota_2}{\gamma_2} = h_2 f_2 \text{ u. ſ. f.}$$

ſo daß man ſchreiben kann

$$V = \frac{G}{m}\left[h_1 f_1 + h_2 f_2 + h_3 f_3 + \cdots + h_m f_m\right] \quad . \quad . \quad \text{Gl. (6).}$$

C. Vereinigung ſämtlicher Durchmeſſerſtufen zu einer Gruppe. Methode des Beſtandsmittelſtammes.

a) Der Mittelſtamm iſt Repräſentant der Holzmaſſe.

Vermindert man die Zahl der Klaſſen immer mehr und ſchließlich ſoweit, daß man ſämtliche Stämme eines Beſtandes zu einer einzigen Gruppe vereinigt, ſo läßt ſich natürlich auch für letztere ein mittlerer Modellſtamm, gewöhnlich mit Beſtandsmittelſtamm bezeichnet, berechnen, aus welchem man durch Multiplikation ſeines Inhaltes ι mit der Zahl aller Stämme N des Beſtandes den Holzgehalt des ganzen Beſtandes ableiten kann.

Es iſt alſo

$$V = N\iota.$$

*) Anleitung. S. 35.

Da aber die durchschnittliche Kreisfläche γ des Probestammes $\gamma = \frac{G}{N}$ und infolgedessen $N = \frac{G}{\gamma}$ ist, so läßt sich auch schreiben

$$V = \frac{G}{\gamma} \iota$$

oder, wenn man den Probestamm in ν Exemplaren benutzt

$$V = \frac{N \iota \nu}{\nu} = \frac{G \iota \nu}{\gamma \nu}.$$

Dies Verfahren wurde bereits 1824 von Huber*) und später von Karl Heyer**) empfohlen und früher häufig angewendet.

An die Beschaffenheit eines solchen Bestandsmittelstammes müssen aber erhebliche Anforderungen gestellt werden. Derselbe soll die durchschnittliche Masse des Bestandes repräsentieren; das kann er aber nur, wenn er nicht allein den mittleren Durchmesser, sondern auch die mittlere Höhe und zugleich die mittlere Formzahl des Bestandes aufweisen würde, was nicht so leicht für ein und denselben Stamm zutreffen wird.

Der einzig gangbare Weg, einen solchen Mittelstamm aufzufinden, ist, wie wir wissen, seinen Durchmesser zu berechnen. Handelt es sich nun aber, wie im vorliegenden Falle, um das Mittel aus Bäumen, die im Durchmesser erheblich voneinander abweichen, so werden sie auch in der Höhe differieren, und es ist durchaus nicht gesagt, daß der Mittelstamm der Fläche gleichzeitig und immer auch Mittelstamm der Höhe sein müsse. Man hätte also auch noch die Mittelhöhe des Bestandes zu erforschen und müßte sich bei der Wahl des Probestammes also auch nach dieser richten. Ob der Baum dann auch die mittlere Formzahl aufweist, bleibt immer noch fraglich. Bis zu gewissem Grade kann man aber dies Bedenken beseitigen durch Benutzung mehrerer Stämme, falls man liegend kubiert, oder auch vielleicht noch besser durch Anwendung der Massentafeln bezw. Formzahltafeln, die hier in diesem Falle ihr ureigenes Anwendungsgebiet finden. Die Wahl der richtigen Höhe und Formzahl gewinnt erhöhte Bedeutung, wenn man sich vergegenwärtigt, daß Fehler im Inhalte des Probestammes, soweit sie durch ungenauen Durchmesser hervorgerufen werden, in der Form der Gleichung $V = \frac{G}{\gamma} \iota$ zum Teile eine Korrektur finden, während eine ähnliche Verbesserung bei Benutzung einer falschen Höhe oder Formzahl nicht eintritt.

Aber selbst wenn es gelingen sollte, einen Bestandsmittelstamm herauszufinden, welcher den mittleren Holzgehalt des Bestandes thatsächlich aufweist,

*) Behlen, Ztschr. f. d. F. u. J. W. II. 2. S. 15 u. 3. S. 5.

**) Über die Ermittelung der Masse u. s. w. der Holzbestände. Dessau 1852.

so haftet ihm doch noch unter allen Umständen ein nicht unerheblicher Fehler an, nämlich der Umstand, daß das Sortimentsverhältnis durch ihn nicht angegeben werden kann. Diesen Fehler würde man auch nicht durch Benutzung mehrerer oder vieler Bestandsmittelstämme ausgleichen können, man würde hierdurch vielmehr nur den einzigen Vorzug des ganzen Verfahrens, die Kürze, wieder aufgeben.

So stellt sich denn die Methode des Bestandsmittelstammes als ein Weg dar, der sich für genaue Bestandsmassenermittelungen *nicht* empfiehlt und höchstens einmal beschritten werden sollte, wenn es gilt, *rasch* einen annähernden Überblick über die Holzmassen zu erlangen. Kommt es aber in erster Linie hierauf an, dann erscheint es auch zulässig, von einer weiteren Vereinfachung Gebrauch zu machen, auf welche Weise zuerst hingewiesen hat*). Derselbe zeigte nämlich, *daß der Mittelstamm normaler Bestände so liegt, daß 60% aller Stämme schwächer, 40% dagegen stärker sind.* Man ist also in die Lage versetzt, ihn einfach *durch Abzählen* zu finden.

Spätere Untersuchungen haben dies einfache Gesetz nur bestätigt. Wimmenauer zeigte bei dieser Gelegenheit, daß der Mittelstamm mittlerer Grundfläche mit dem der mittleren Holzmasse nicht zusammenfällt. Er fand (Th. f. J. 1890 S. 151), daß für Kiefer der erstere durchschnittlich bei 42,4%, der letztere dagegen bei 41,5% zu suchen ist.

Beispiel. Unser Beispiel, nach der Methode des Bestandsmittelstammes berechnet, würde folgendes Resultat ergeben:

Die Kreisfläche des ganzen Bestandes von 420 Stämmen war, wie schon wiederholt angegeben, 20,599 qm. Hieraus ergiebt sich

des Mittelstammes mittlere Grundfläche $\gamma = \frac{20{,}599}{420} = 0{,}04905$ qm

„ „ mittlerer Durchmesser $\delta = 25{,}0$ cm.

Die gefällten 3 Probestämme haben folgenden Inhalt:

Muster IX. (Bestandsmittelstamm.)

der Probestämme						Kreisflächenquotient
Nummer	δ	γ	Holzgehalt		Gesamtmasse	
			Derbholz	Reisig		
	cm	qm	fm	fm	fm	
1	25,4	0,0507	0,629	0,085	0,714	$\frac{G}{\gamma\nu} = \frac{20{,}599}{0{,}1493} =$
2	24,8	0,0483	0,608	0,050	0,658	
3	25,3	0,0503	0,598	0,072	0,670	$= 137{,}97.$
Summe . . .		0,1493	1,835	0,207	2,042	

*) Weise, Ertragstafeln für die Kiefer. Berlin 1880 S. 129. Vergl. hierzu: Weise, Festschrift zur 50jährigen Jubelfeier der Forstakademie Eberswalde S. 105. Ferner A. F. u. J. Z. 1885 S. 248, Nördlinger A. F. u. J. 1887 S. 177; Th. f. J. 1890 S. 151.

Hieraus ergiebt ſich der Inhalt des Beſtandes

an Derbholz zu $1{,}835 \times 137{,}97 = 253{,}17$ fm
„ Reiſig „ $0{,}207 \times 137{,}97 = 28{,}56$ „
„ Geſamtmaſſe „ $2{,}042 \times 137{,}97 = 281{,}73$ „

Hätte man die Höhe des Mittelſtammes mit 23 m aus der Höhenkurve der Fig. 111 und hiernach in den Baurſchen Maſſentafeln (S. 96 u. 100) ſeinen Inhalt mit $v_d = 0{,}601$ und $v_b = 0{,}655$ fm entnommen, ſo hätte man durch Multiplikation mit der Stammzahl etwas genauer den Derbholzgehalt $V_d = 252{,}42$ fm und die Geſamtmaſſe $V_b = 275{,}10$ fm erhalten.

Im großen und ganzen iſt aber das Verfahren, wie nochmals betont werde, wenig ſicher. Kunze*) fand z. B. gegenüber dem Ergebnis des Kahlhiebes bei Fichte Fehler zwiſchen + 3,68 und + 6,36 %, bei Kiefer ſolche zwiſchen + 0,37 und − 8,59 % in der Geſamtmaſſe, Bühler**) fand am Derbholz allein + 4,81 %, Böhmerle***) mit 5 Mittelſtämmen im Derbholz + 2,7 %, in der Geſamtmaſſe + 0,9 %, bei Anwendung nur eines Stammes aber bedeutende Schwankungen zwiſchen − 8,4 und + 11,3 im Derbholz und − 10,0 und + 11,3 in der Geſamtmaſſe.

b) Der Beſtandsmittelſtamm als Repräſentant der Beſtandsformzahl, „Formhöhe oder „Richthöhe.

1. Inhaltsermittelung mit Hilfe der Beſtandsformzahl.

Der Holzgehalt eines Beſtandes läßt ſich auch als Produkt aus der Beſtandsgrundfläche G, der Mittelhöhe H und einer durchſchnittlichen Formzahl F, der Beſtandsformzahl, darſtellen

$$V = GHF.$$

Da man die Kreisfläche G durch die Kluppierung, die Mittelhöhe H nach einem der oben angegebenen Verfahren erhält, ſo bedarf es alſo nur noch der Ermittelung des letzten Faktors F.

Benutzung der eigentlichen Beſtandsformzahl.

Stellt man Beſtände gleicher Bonität und gleichen Alters zuſammen, ſo werden dieſe (natürlich nur innerhalb des als zuläſſig angenommenen Spielraumes) auch in ihren Kreisflächen und Mittelhöhen übereinſtimmen und man erhält, wenn man ihre Inhalte durch die Summe der Produkte aus Höhe und Grundfläche dividiert, alſo in dem Ausdrucke

$$\frac{[V]}{[GH]} = F$$

*) Anleitung S. 27. Th. f. J. 1893 S. 197 u. Suppl. III. S. 1—17.
**) Th. f. J. 1886 S. 18.
***) Verſuche über Beſtandsmaſſenaufnahmen. Wien 1899 und Z. f. d. g. F. 1898 S. 465.

ihre durchschnittliche Formzahl, beziehungsweise, wenn man nur durch [G] dividiert, ihre Formhöhe.

In dieser Weise sind die Bestandsformzahlen in den Ertragstafeln des V. d. f. V. zusammengestellt, sodaß man nur der Kenntnis des Alters und der Bestandsbonität bedarf, um aus ihnen die Bestandsformzahlen ablesen zu können. (Vergl. z. B. die „Hilfstafeln zur Inhaltsbestimmung" 1898, S. 64).

Beispiel. Würden wir für unser Beispiel, das einen Fichtenbestand II. Bonität darstellt, die Loreyschen Ertragstafeln für Fichte benutzen, so würden wir (S. 81) finden

$$F_d = 0{,}511 \text{ und } F_b = 0{,}583.$$

Die Höhe des Bestandsmittelstammes (diesen als Mittelstamm der Kreisfläche berechnet) beträgt nach dem vorhergehenden Beispiele 23 m, wir erhalten also

$$V_d = 20{,}599 \cdot 23 \cdot 0{,}511 = 241{,}63 \text{ fm und}$$
$$V_b = 20{,}599 \cdot 23 \cdot 0{,}583 = 276{,}21 \text{ „}$$

in auffallender Übereinstimmung mit den Resultaten der anderweiten Berechnungen.

Benutzung von Einzelformzahlen.

Ständen derartige Tafeln nicht zur Verfügung, so drängt sich der Gedanke auf, die Bestandsformzahl an einem Probestamme direkt aufzusuchen. Hierbei wird aber erst der Beweis zu führen sein, daß sich überhaupt in einem Bestande Baumindividuen finden, deren Einzelformzahl mit der durchschnittlichen des ganzen Bestandes übereinstimmt. An sich scheint das eigentlich selbstverständlich und die richtig berechneten Bestandsformzahlen finden sich auch in Wirklichkeit sogar an einer ziemlich großen Anzahl von Stämmen. Aber durch eine ungeeignete Berechnung der Bestandsformzahl kann es thatsächlich vorkommen, daß dies nicht möglich ist.

Zur Ermittelung der Bestandsformzahl stehen bekanntlich zwei Wege zur Verfügung. Man kann sie als Mittel aus den Formzahlen der Einzelstämme berechnen oder aber aus der Gleichung $F = \frac{V}{GH}$ erhalten. Schlägt man den letzteren Weg ein, so wird die Größe der F, da G und V gegeben sind, wesentlich von der richtigen Wahl der Bestandsmittelhöhe abhängen. Wählt man letztere zu klein, wie es in der Regel der Fall ist, sofern man sie als einfach arithmetisches Mittel der Höhen aus $\frac{n_1 h_1 + n_2 h_2 + \cdots + n_x h_x}{N}$ oder auch als Mittel aus Klassenprobestämmen annimmt, so kann es vorkommen, daß man für die Bestandsformzahl einen so hohen Wert erhält, wie er sich an Einzelstämmen nur ausnahmsweise oder gar nicht findet. In diesem Falle wäre also die Ermittelung einer gleichgroßen Bestandsformzahl an einem Einzelstamme,

der ſich dem ſonſtigen Anſcheine nach als Beſtandsmittelſtamm charakteriſiert, nicht möglich. Nur wenn man mit einer richtigen Mittelhöhe, berechnet aus $\frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + \cdots + g_x h_x}{g_1 + g_2 + \cdots + g_x}$ operiert, wird man zu brauchbaren Reſultaten für F gelangen, und es wird der Beſtand dann ſtets Stämme aufweiſen, deren f gleich der F iſt*). Unterſuchungen namentlich von Weiſe, auch von Wimmenauer**) haben nun dargelegt, daß höchſtwahrſcheinlich bei den meiſten Holzarten die richtige Beſtandsmittelhöhe und ebenſo die Beſtandsformzahl in dem Mittelſtamm der zweitſtärkſten von 5 ſtammzahlgleichen Klaſſen, wie ſchon bemerkt, repräſentiert wird.

In dieſen Verhältniſſen haben wir daher ein Mittel an der Hand, die Beſtandsformzahl auch direkt an einzelnen Stämmen des Beſtandes zu ermitteln. Das kann wie folgt geſchehen:

a) mit Hilfe reeller Probeſtämme. Man kluppiert den Beſtand und ſucht den Mittelſtamm ſeiner Formzahl, indem man vom ſtärkſten beginnend, 30% der Stämme abzählt. (Man trifft hierbei den Mittelſtamm der zweitſtärkſten Stammklaſſe, wenn man deren 5 gebildet hätte). An einer Anzahl von Stämmen, welche den hierbei gefundenen Durchmeſſer beſitzen, wird nun die Höhe und Formzahl ermittelt, deren arithmetiſche Durchſchnittswerte mit der Beſtandskreisfläche multipliziert, den Holzgehalt des Beſtandes ergeben. Das Verfahren iſt wegen der Umſtändlichkeit der Formzahlermittelung recht ſchwerfällig und ſteht deswegen dem folgenden an Bequemlichkeit weſentlich nach.

Anmerkung. Breymanns Verfahren. Die Benutzung der an Probeſtämmen zu erhebenden Formzahlen iſt früher von Prof. Breymann ſehr lebhaft befürwortet worden. Derſelbe gewann mit Hilfe ſeines Univerſalinſtruments auf ziemlich komplizierte Weiſe am Stehenden die echte (ſpäter auch die unechte) Formzahl und erhielt aus ihr und der Mittelhöhe ſowie dem Mitteldurchmeſſer mit Hilfe einer beſonderen Formel den Holzgehalt pro Hektar. Dieſe Methode hat nur noch hiſtoriſche Bedeutung; näheres darüber kann nachgeleſen werden bei Breymann, Anleitung zur Aufnahme der Holzmaſſe und Beſtimmung der Formzahlen, Wien 1857, auch in Baurs, Holzmeßkunde 4. Aufl., S. 347—357. Böhmerle bekam übrigens mit derſelben ſehr genaue Ergebniſſe. Z. f. d. g. F., 1898, S. 519.

β) mit ideellen Probeſtämmen. Man ermittelt den Probeſtamm, wie ſoeben geſchildert, benutzt ihn aber nur, um an ihm die Beſtandsmittelhöhe feſtzuſtellen und ſucht dann mit Hilfe dieſer in einer geeigneten Formzahltafel die Formzahl auf.

Beiſpiel. Zählt man in unſerem 420 Stämme umfaſſenden Beiſpiel 30%, das ſind 126 Stück, von oben her ab, ſo trifft man in die Durchmeſſerſtufe 26 cm. Dieſelbe hat nach Fig. 111 eine Höhe von 23,6 m. Dieſen Dimenſionen kommt aber nach den Baurſchen Fichtenformzahltafeln (S. 67

*) A. F. u. J. Z. 1890 S. 240 u. 326.

**) Th. f. J. 1890 S. 151.

und 72) eine Derbformzahl von 0,494 und eine Baumformzahl 0,576 zu. Hieraus berechnet sich

$$V_d = 20{,}599 \cdot 23{,}6 \cdot 0{,}494 = 240{,}15 \text{ fm}$$
$$V_b = 20{,}599 \cdot 23{,}6 \cdot 0{,}576 = 280{,}01 \text{ fm}.$$

Anmerkung. Es möge die Bemerkung nicht unterdrückt werden, daß sich in der Litteratur auch Stimmen gegen die Benutzung von Einzelformzahlen an sich erhoben haben. Schiffel schreibt z. B. (Z. f. d g. F., 1898, S. 302), daß „die Bestandsformzahl eine ideelle Größe ist, welche durch einen Stamm oder eine Stammklasse des Bestandes nicht repräsentiert werden kann".

2. Inhaltsermittelungen mit Hilfe der Bestandsformhöhe.

Auf die Benutzung der Formhöhe an Stelle der Formzahlen wurde bereits S. 274 hingewiesen. Als eigentliche Formhöhenmethode kann aber nur ein solches Verfahren bezeichnet werden, welches uns den Holzgehalt eines Bestandes in einem Zuge als Produkt aus der Grundfläche G und der Bestandsformhöhe (FH) ergiebt.

Auf diese Methode deutet schon die Formel für das Mittelstammverfahren hin. Schreibt man nämlich statt $V = \frac{G}{\gamma} \iota$ die Gleichung in der Form

$$V = G \cdot \frac{\gamma h f}{\gamma} = G h f$$

so wird man direkt auf die Benutzung der Formhöhe des Mittelstammes hingewiesen. Diese letztere muß dann der Formhöhe des Bestandes (FH) gleich sein. Der letztere Faktor hat aber für einen gegebenen Bestand einen unverrückbar feststehenden, eindeutigen Wert, nämlich $\frac{V}{G}$, was von der Bestandsformzahl nicht gilt, da diese noch von dem Betrage der Mittelhöhe $\left(F = \frac{V}{GH}\right)$ abhängig ist. Die Mittelhöhe aber ist eine ideelle Größe, welche in einem und demselben Bestande je nach der angewendeten Rechnungsmethode beträchtlich, bis zu 1 m, schwanken kann, und insofern trägt auch die Bestandsformzahl den Charakter einer zum Teil der Willkür des Berechners unterworfenen Größe. Das Formhöhenverfahren ist also in dieser Beziehung dem Formzahlverfahren überlegen, ganz abgesehen von den rechnerischen Vereinfachungen.

Es wird sich nur fragen, ob wir auch einen hinreichend sicheren Weiser haben, um die (FH) ohne Kenntnis von V auch aufzufinden.

Es wäre möglich, die Formhöhen in Beziehung zu setzen zu dem Durchmesser des Kreisflächenmittelstammes; diesen Weg hat Schuberg für Buche und

Tanne eingeschlagen.*) Dann brauchte man nach der Kluppierung nur die Kreisfläche und aus dieser den Durchmesser des Mittelstammes zu berechnen und könnte mit Hilfe des letzteren die (FH) in einer entsprechend eingerichteten Tabelle ohne alle weiteren Umstände aufschlagen. Bei diesem Verfahren macht es sich aber störend bemerkbar, daß die (FH) für die verschiedenen Bonitäten (im Zusammenhang mit der differierenden Höhenentwickelung) so stark schwanken, daß sich getrennte Aufstellungen für letztere notwendig erweisen, und daß dann infolge unserer Unsicherheit in der Bonitätsbestimmung die Anwendung solcher Tafeln zu Beanstandungen Anlaß giebt.

Einfacher ist es, die (FH) mit der Bestandsmittelhöhe in Verbindung zu bringen, das heißt also, Tafeln zu konstruieren, welche die aus $\frac{V}{G}$ ermittelte (FH) mit dem einzigen Eingang der Höhe enthalten. Darf man nämlich die durchschnittliche Höhe als einen sicheren Weiser für die Bonität betrachten (und eine solche Anschauung gewinnt durch die neueren Untersuchungen immer mehr an Berechtigung), so ist eine Unterscheidung nach Bonitäten nicht mehr nötig, und ebenso wenig reicht der Einfluß des Schlußverhältnisses, d. h. des Mitteldurchmessers hin, um die so konstruierten Formhöhentafeln zu komplizieren. Eines nur darf nicht außer acht gelassen werden. Man kann die Mittelhöhe, welche man zur (FH) in Beziehung setzt, berechnen wie man will, aber dieselbe Methode der Mittelhöhenberechnung muß dann auch Platz greifen, wenn man solche Tabellen zur Aufsuchung von (FH) anwendet.

Leider haben die Autoren, welche bis jetzt Formhöhen berechneten,**) in dieser Beziehung durchaus nicht einheitlich gearbeitet und zum Teil auch noch von einer anderen Möglichkeit der Formhöhenberechnung Gebrauch gemacht, nämlich dieselben als Produkt aus $H \times f$ berechnet (Kunze, Philipp, Hufnagl). Hierdurch aber ist das ganze Verfahren etwas in Mißkredit gekommen, wenn auch mit Unrecht.

Um eine Anschauung über den Betrag und den Verlauf der Formhöhen zu geben, seien im nachfolgenden diese Zahlen nach der Waltherschen Berechnung***) mitgeteilt:

---

*) Aus deutschen Forsten I. u. II.

**) Walther, Die Ermittelung der Bestandsholzmassen mit Hilfe der Bestandsrichthöhe. Gießen 1886.
Weise, Ertragstafeln für die Kiefer 1880. A. F. u. J. Z. 1881.
Philipp, Hilfstabellen für Forsttaxatoren. Karlsruhe 1893.
Flury, M. d. Schw. Z. f. d. f. V. W. V. Bd. Zürich 1897.
Hufnagl, Die Betriebseinrichtung in kleinen Wäldern. Prag 1897.

***) Walther, Die Ermittelung der Bestandsholzmassen u. s. w. Gießen 1886. S. 25.

Formhöhentafel

berechnet aus $\frac{V}{G}$.

Bestands-mittel-höhe	Kiefer		Fichte		Tanne		Buche	
	Weise-Walther		Lorey-Walther		Lorey-Walther		Baur-Walther	
	Derb-	Baum-	Derb-	Baum-	Derb-	Baum-	Derb-	Baum-
	formhöhe		formhöhe		formhöhe		formhöhe	
m								
5	1,0	4,4	1,7	5,5	2,5	3,9	0,4	3,9
6	1,6	5,0	2,3	6,3	3,1	4,7	0,6	4,6
7	2,2	5,6	2,9	6,9	3,7	5,5	0,9	5,2
8	2,9	6,1	3,6	7,5	4,3	6,2	1,3	5,8
9	3,7	6,5	4,3	8,1	4,9	6,9	1,9	6,3
10	4,4	7,0	4,9	8,6	5,5	7,6	2,6	6,8
11	5,0	7,4	5,6	9,0	6,1	8,2	3,4	7,3
12	5,6	7,8	6,2	9,5	6,7	8,7	4,3	7,9
13	6,2	8,1	6,8	9,9	7,3	9,2	5,1	8,3
14	6,7	8,5	7,3	10,3	7,9	9,7	5,8	8,8
15	7,2	8,8	7,8	10,8	8,4	10,2	6,5	9,3
16	7,7	9,2	8,3	11,2	8,9	10,6	7,3	9,8
17	8,1	9,5	8,8	11,6	9,5	11,0	7,9	10,3
18	8,6	9,9	9,3	12,1	10,0	11,5	8,4	10,7
19	9,0	10,3	9,8	12,5	10,4	11,9	9,0	11,2
20	9,4	10,6	10,3	12,9	10,9	12,3	9,6	11,7
21	9,8	11,0	10,8	13,3	11,3	12,7	10,2	12,2
22	10,2	11,3	11,3	13,7	11,8	13,2	10,8	12,8
23	10,6	11,7	11,8	14,2	12,2	13,6	11,4	13,3
24	11,0	12,1	12,3	14,6	12,6	14,0	11,9	13,8
25	11,4	12,5	12,8	15,0	13,1	14,5	12,5	14,4
26	11,8	12,9	13,3	15,4	13,5	14,9	13,1	15,0
27	12,2	13,4	13,8	15,8	13,8	15,3	13,7	15,6
28	12,6	13,8	14,3	16,3	14,2	15,7	14,3	16,2
29	13,0	14,2	14,8	16,7	14,7	16,2	14,8	16,7
30	13,4	14,7	15,3	17,2	15,1	16,6	15,4	17,3
31	13,8	15,1	15,8	17,6	15,5	17,0	16,0	18,0
32	14,3	15,5	16,3	18,0	15,9	17,5	16,6	18,7
33	14,7	16,0	16,8	18,4	16,3	17,9	17,2	19,4
34	15,0	16,4	17,3	18,8	16,8	18,4	17,8	20,1
35	15,3	16,8	17,8	19,3	17,2	18,8	18,4	20,7

Die Anwendung solcher Formhöhentafeln gestaltet sich dann sehr einfach: Der Bestand wird kluppiert, die Kreisfläche berechnet, die Mittelhöhe nach dem bei Konstruktion der Tafeln angewendeten Verfahren ermittelt, hiernach in der Tafel die (FH) aufgesucht und mit der Kreisfläche multipliziert.

Unser Beispiel würde bei einem G = 20,599 und einer Bestandsmittelhöhe von 23 m nach der Tabelle ergeben:

an Derbholz $20{,}599 \cdot 11{,}8 = 243{,}07$ fm
„ Gesamtinhalt $20{,}599 \cdot 14{,}2 = 292{,}51$ „

also + 1,25 % bezw. + 4,3 % zu viel.

Würdigung. Es bedarf kaum des Hinweises, daß auch dieses Verfahren an allen bereits früher aufgeführten Nachteilen teilnimmt, die der Methode des Bestandsmittelstammes an sich eigen sind. Aus diesem Grunde ist es ebenfalls für Aufnahmen, welche höchste Genauigkeit erheischen, nicht zu empfehlen. Wird aber die Anwendung der Mittelstammmethode zugelassen, so verdient es wegen seiner außerordentlichen Einfachheit von allen Variationen derselben ganz entschieden den Vorzug.

3. Der Bestandsmittelstamm als Repräsentant der Bestands-Richthöhe.

Mehr der Vollständigkeit als der Wichtigkeit wegen sei noch angeführt, daß sich ein ganzer Bestand gerade so wie ein Einzelstamm mit Hilfe der Preßlerschen Richthöhe, d. h. der durchschnittlichen Bestandsrichthöhe, die wir mit R bezeichnen wollen, kubieren läßt.

Es wäre also

$$V_s = \frac{2}{3} GR$$

oder genauer, wenn man das unterhalb des Meßpunktes belegene Stammstück von der Länge m mit berücksichtigt

$$V_s = \frac{2}{3} G \left(R + \frac{m}{2}\right).$$

Die Astmasse müßte dann noch nach Erfahrungszahlen hinzugefügt werden.

Die praktische Anwendung dieser Methode, welche von Preßler sehr empfohlen wurde,*) wird immer an der Schwierigkeit, wenn nicht Unmöglichkeit scheitern, die Bestandsrichthöhe genügend genau zu bestimmen. Es bleibt hierzu kein anderer Weg, als an einer Reihe von Mittelstämmen deren durchschnittliche Richthöhe zu ermitteln und dann für den ganzen Bestand anzuwenden. Das Verfahren kann infolgedessen nur ein unsicheres Resultat liefern. Ein weiterer Nachteil ist der Umstand, daß es nur die Schaftmassen angiebt,

*) Th. f. J. 1862, S. 174.

Sortimentsverhältnisse, Astmassen und Derbholzgehalte können nur auf Grund von Erfahrungszahlen ermittelt, d. h. nur geschätzt werden. Da es außerdem wegen der Umständlichkeiten bei der Feststellung der Richthöhe auch an Bequemlichkeit von dem Formzahl- oder Massentafelverfahren übertroffen wird, so kann ihm heute nicht mehr die Bedeutung zukommen, welche es zu Zeiten Preßlers, vor der Aufstellung zuverlässiger Formzahltafeln, noch besaß.

Anhang.

1. Methode von Prytz.

Mit Hilfe eines Mittelstammes von absolut ideeller Natur ermittelt auch Prof. Prytz in Kopenhagen*) die Bestandsmassen. Derselbe nimmt an, daß sich in einem nicht zu stammarmen Bestande die Stämme, nach ihrem Durchmesser geordnet, in regelmäßiger Weise um den Mitteldurchmesser gruppieren. Er teilt sie nun durch bloßes Abzählen, ohne ihren Durchmesser zu messen, mit Hilfe zweier Kluppen mit feststehenden Schenkeln in 3 Gruppen, so daß der Mitteldurchmesser in die mittelste Gruppe fallen muß. Mit Hilfe einer Wahrscheinlichkeitstabelle ermittelt er dann die Abweichungen der beiden Grenzdurchmesser vom Mitteldurchmesser und hierdurch den letzteren selbst. In derselben Weise berechnet er die Mittelhöhe und leitet schließlich eine Formel ab

$$V = n\left(\frac{1}{2}f^2 + \frac{1}{8}\right)\left[\left(H + 1{,}6\,B\right)\left(D^2 + m_D^2\right) + 2\,Dm_D\,m_H\right]$$

worin n die Stammzahl, f das Verhältnis $\frac{\delta}{d_m}$, H die Scheitelhöhe, D den Brusthöhendurchmesser, B die Brusthöhe, m_D und m_H die Mittelabweichungen von dem Mitteldurchmesser bezw. von der Mittelhöhe bedeuten. Böhmerle**) bekam bei einem Versuche ein Resultat von auffallender Schärfe, nämlich $-0{,}5\,\%$.

Obwohl aber diese eigenartige Methode, wie dies Beispiel zeigt, ausführbar ist und brauchbare Resultate zeitigen kann, so kann sich doch ihre Bedeutung nicht über die eines interessanten wissenschaftlichen Versuches erheben, der uns die Anwendbarkeit abstrakter mathematischer Sätze auf Fälle des praktischen Lebens darthut.

2. Methode nach Metzger.

Als Übergang zu den nachfolgenden Schätzungsverfahren finde hier noch die Näherungsmethode von Dr. Metzger***) einen Platz. Derselbe zählt nur die Stammzahl, sucht sodann die drei stärksten und die sieben

*) A. F. u. J. Z. 1888, S. 265.

**) Z. f. d. g. F. 1898, S. 421 u. 481.

***) A. F. u. J. Z. 1897, S. 161.

schwächsten Bäume im Bestand, deren Inhalt ermittelt wird, am einfachsten mit einer Massentafel.

Dann ist der Holzgehalt

$$V = N \frac{3V_{max} + 7V_{min}}{10}.$$

Diese Regel soll gelten für gleichaltrige, haubare oder angehend haubare, gut durchforstete und gleichwüchsige Hochwaldbestände.

In unserem Beispiele haben die 3 stärksten Stämme 33 cm bei 26 m Höhe, die 7 schwächsten 18 cm bei 19,5 m Höhe. Nach den Baurschen Fichtenmassentafeln (S. 102) haben diese einen Bauminhalt von (interpoliert) $v_{max} = 1{,}306$ und $v_{min} = 0{,}311$ fm, also

$$V = 420 \cdot \frac{3 \cdot 1{,}306 + 7 \cdot 0{,}311}{10} = 255{,}99 \text{ fm}.$$

Das ist aber ein Fehler von $-7{,}3$ % in der Gesamtmasse.

Zweiter Abschnitt.

Die Bestandsmassenermittelung durch Schätzung.

Erstes Kapitel.

Teilweise Schätzung, die Probeflächenmethode.

A. Gewöhnliche Probeflächen.

a) Zweck und Bedeutung der Probeflächen.

Unter einer Probefläche versteht man eine kleine, besonders ausgesuchte Fläche in einem Bestande, welche der durchschnittlichen Beschaffenheit des letzteren entspricht und deren Holzgehalt man in der Absicht genauer ermittelt, um von ihm auf den Holzgehalt des ganzen Bestandes schließen zu können.

Diese eigentlichen Probeflächen sind zu unterscheiden von den Versuchsflächen, welche — in der Regel äußerlich sichtbar und dauernd begrenzt — bestimmt sind, als selbständige Typen den Wuchsgang des Holzes unter gleichmäßigen, gegebenen Wachstumsverhältnissen darzustellen. Diese dienen also nicht taxatorischen, sondern wissenschaftlichen Zwecken und werden daher von den folgenden Auseinandersetzungen nicht berührt.

Das Charakteristische des Probeflächenverfahrens, das letzterem seine systematische Stellung unter den Massenermittelungsmethoden zuweist, besteht also in einer nur teilweisen Aufnahme des Bestandes und in der Übertragung des Holzgehaltes der Probefläche auf den ganzen Bestand.

Der Schluß vom Inhalte der Probefläche auf den des Bestandes aber kann in zweierlei Weise gezogen werden: entweder aus dem Verhältnis der Stammzahlen oder aus dem der geometrischen Flächen beider. Im ersten Falle würde sich, wenn wir in der Probefläche die Stammzahl mit $\mathfrak{N}$ und den Inhalt mit $\mathfrak{V}$ bezeichnen, der Holzgehalt des Bestandes ergeben zu

$$V = \mathfrak{V} \cdot \frac{N}{\mathfrak{N}}.$$

Diese Berechnungsweise muß angewendet werden, wenn man die geometrische Fläche des ganzen Bestandes nicht kennt. Das Durchzählen eines Bestandes erfordert aber fast ebensoviel Zeit, als das Kluppieren, sodaß diese Variation der Probeflächenmethode nirgends mehr angewendet wird und daher auch aus den nachfolgenden Betrachtungen ausscheidet.

Macht man vielmehr heutigen Tages noch von der Probeflächenmethode Gebrauch, so berechnet man die Bestandsmasse aus der Proportion

$$\frac{V}{\mathfrak{V}} = \frac{Fl}{\mathfrak{Fl}}$$

also

$$V = \mathfrak{V} \cdot \frac{Fl}{\mathfrak{Fl}}$$

worin mit Fl die geometrische Fläche des ganzen Bestandes, mit Fl die der Probefläche ausgedrückt ist.

Die Inhaltsermittelung der Probefläche selbst bietet nichts besonderes, da diese nach irgend einem der bereits beschriebenen Verfahren, ebensogut aber auch im Wege bloßer Schätzung oder aber auch auf dem des Kahlabtriebes erfolgen kann.

Diese Methode ist schon in sehr früher Zeit*), wohl schon im 17. Jahrhundert, in Gebrauch gewesen und hatte so lange Bedeutung, als man kein besseres Mittel zur Inhaltsbestimmung kannte, als einen Teil des Bestandes zu schlagen und in die gebräuchlichen Sortimente aufzuarbeiten. Seitdem uns aber die Holzmeßkunde andere Methoden an die Hand gegeben hat, kann die Bedeutung des Probeflächenverfahrens nur noch in dem Zeitgewinne gefunden werden, den die Aufnahme einer kleinen Probefläche gegenüber der eines ganzen größeren Bestandes gewährt; inwieweit aber dieser Vorteil die mit der Methode verbundene Unsicherheit aufwiegen kann, möge aus der weiter unten folgenden Würdigung ersehen werden.

b) Die Auswahl der Probefläche.

Ist die Anwendung des in Rede stehenden Verfahrens aus irgend einem Grunde angezeigt, so hängt die Genauigkeit des erreichbaren Resultates in

*) H. v. Flemming, Der vollkommene teutsche Jäger. 1719. I. 46.

der Hauptsache von dem Geschick und dem Glück des Taxators in der Wahl der Probefläche ab. Selbst die peinlichste Kubierung derselben kann eine ungeeignete Wahl nicht wieder ausgleichen.

Die Probefläche soll den durchschnittlichen Zustand des ganzen Bestandes darstellen. Unterschiede des letzteren können aber bedingt sein einmal durch wechselnde Standortsgüte und das andere Mal durch Bestockungsverschiedenheiten. Weist ein Bestand Standortsverschiedenheiten auf, so sind die einer Bonität zugehörigen Flächen räumlich voneinander abzugrenzen (was übrigens eine gute Forsteinrichtung ohnehin besorgt haben müßte), und in jede Bonitätsstufe ist eine oder mehrere Probeflächen zu legen. Eine derartige Trennung sollte auch vorgenommen werden, wenn die Bonitäten, wie z. B. an Berghängen, allmählich ohne scharfe Grenzen ineinander übergehen. Man wird mit einer solchen Trennung immer noch bessere Resultate erreichen, als wenn man die Probefläche in Form eines zusammenhängenden langen schmalen Streifens durch den ganzen Bestand legen wollte, weil man mit einem solchen Streifen die Bonitätsflächen nur zufällig proportional berühren würde.

Größere Schwierigkeiten bereitet es, den Durchschnitt der Bestockungsverhältnisse mit der Probefläche richtig zu treffen, namentlich ist dies schwierig in gemischten und in ungleich alten Beständen. In solchen Verhältnissen Alles mit einer Probefläche treffen zu wollen, erscheint fast unmöglich; man wird vielmehr dann statt einer größeren besser mehrere, räumlich verteilte, kleinere wählen. Es ist überhaupt besser, in allen Zweifelsfällen an Stelle einer größeren lieber mehrere kleinere Flächen zu nehmen, wobei aber der mit dem Aussuchen und Abstecken derselben verbundene höhere Zeitaufwand nicht außer acht gelassen werden darf. Ein Fehler, welcher häufiger begangen wird als der entgegengesetzte, ist der, zu vollkommene Bestandspartien auszuwählen. Bestandsränder, Ränder an größeren Lücken im Innern sind unter allen Umständen auszuschließen.

Die Größe der Probeflächen läßt sich allgemein nicht bestimmen, dieselbe muß sich vielmehr den Bestandsverhältnissen anpassen. Je gleichmäßiger die Bestockung in Bezug auf Holzart, Alter, Dichte, desto kleiner kann die Fläche sein. Man wird deswegen im großen und ganzen auch mit zunehmendem Alter die Größe steigen lassen müssen. Die gewöhnlich angewendeten Flächengrößen pflegen meist zwischen 0,1 (in jungen) und 1,0 ha (in haubaren Beständen) zu schwanken, und für die Totalfläche wird man sich in den Grenzen zwischen 5 und 10% der ganzen Bestandsfläche bewegen.

Nicht gleichgültig ist weiter die Form, bei deren Wahl zwei Gesichtspunkte ausschlaggebend sind. Vor allem soll die Form möglichst einfach sein, damit die Absteckung und Flächenberechnung einen möglichst geringen Arbeitsaufwand erfordert und sodann soll die Umfangslinie im Verhältnis zum Flächeninhalt recht kurz sein, damit recht wenig Bäume gerade auf diese

Umfangslinie fallen, und möglichst wenig Zweifel über ihre Zugehörigkeit zur Probefläche entstehen können. Diese Bedingung würde der Kreis am besten erfüllen, die Bequemlichkeit der Absteckung giebt aber Veranlassung, quadratische oder wenigstens rechteckige Formen, gelegentlich auch einmal ein Dreieck zu wählen, alles Figuren, die mit einfachen Meßwerkzeugen, Kreuzscheibe und Meßband, abgesteckt werden können.

Eine dauernde äußere Markierung der rein taxatorischen Probeflächen findet in der Regel nicht statt. Man begnügt sich, während der Aufnahme die Eckpunkte durch Visierstäbe festzuhalten, schürft an den Grenzen den Boden etwas auf oder bezeichnet ihre Grenze durch Kreidestriche u. s. w. an den Grenzbäumen, um so das Mitzählen nicht zur Fläche gehöriger Stämme zu vermeiden. Eine übergroße Peinlichkeit bei der Absteckung ist deswegen so lange nicht am Platze, als dadurch keine Zweifel über die Zugehörigkeit eines Stammes entstehen. Nur die eigentlichen Versuchsflächen, welche längere Zeit unter Beobachtung stehen sollen, werden ganz genau vermessen, an den Eckpunkten dauernd verpfählt, auch wohl durch schmale Grenzgräben eingegrenzt.

c) Die Inhaltsermittelung der Probefläche.

Die Inhaltsermittelung der Probefläche erfolgt, wie bemerkt, nach einem beliebigen Verfahren, wobei die Wahl desselben von der Erwägung beeinflußt werden wird, daß selbst die genaueste Kubierungsmethode die Fehler, welche durch eine ungeeignete Auswahl der Probefläche selbst hervorgerufen werden, nicht wieder ausgleichen kann. Methoden, welche einen besonders hohen Zeitaufwand verursachen, sind also auszuscheiden und in der Regel wird man, da es sich doch meistens um Schätzungen für die Praxis handelt, zur Anwendung des Draudtschen Prinzipes in irgend einer Form greifen, um die bequeme gemeinsame Aufarbeitung des Probeholzes nicht zu entbehren. In manchen Fällen wird sogar das schon vor Jahrhunderten übliche Verfahren des Kahlabtriebes und der nachherigen liegenden Kubierung zur Anwendung gelangen können. In ganz jungen Beständen und im Niederwald stellt der Kahlhieb in Verbindung mit der Xylometermessung auch heute noch die beste Aufnahmemethode überhaupt dar. Benutzt man andere zufällig kahl gehauene Flächen, z. B. Wegeaufhiebe gleichzeitig als Probeflächen für die Massenermittelung, so ist dagegen, soweit solche Aufhiebe nicht durchaus ungeeignete Bestandspartien treffen, an sich nichts einzuwenden, nur muß man sich gerade bei schmalen Streifen besonders hüten, deren Fläche falsch, d. h. zu groß anzusprechen. Man darf diese nicht bis ganz an die stehen bleibenden Stämme heran rechnen, sondern muß den Standraum derselben anteilig in Abzug bringen.

d) Würdigung.

Gegenüber der stammweisen Aufnahme des ganzen Bestandes kann der Vorteil der Probeflächenmethode, wie bemerkt, nur in dem Zeitgewinne gefunden werden, welcher mit der nur teilweisen Auskluppierung verbunden ist. Dafür tritt aber ein neuer Zeitaufwand hinzu für das Aufsuchen und für die Absteckung der Probefläche selbst. Bei einer gewissen Bestandsgröße, oder richtiger Stammzahl, muß sich beides ausgleichen, und dieser Fall wird im allgemeinen bei Bestandsgrößen von etwa 2—3 Hektaren eintreten.

Für alle kleineren Bestände ist daher die Probeflächenmethode nicht bloß vom Standpunkte der Genauigkeit, sondern auch von dem des Zeitgewinnes unvorteilhaft und unter allen Umständen verwerflich.

Für alle größeren dagegen wird die Zulässigkeit der Methode von der Erwägung gegeben sein, ob der erzielte Zeitgewinn den möglichen Fehler des Resultats aufwiegt.

Dieser Fall wird noch am häufigsten eintreten in Gegenden extensiver Forstwirtschaft, bei der doch nur ein Teil der anstehenden Holzmenge zur Nutzung gelangt, während die minderwertigen Sortimente im Walde liegen bleiben. Andererseits kann aber auch in einer entwickelten Forstwirtschaft die Probeflächenaufnahme noch vorteilhaft sein, wenn der wahrscheinliche Fehler sich in geringen Grenzen hält. Das letztere ist aber am ersten noch in uniformen Wäldern zu erwarten, also bei ausschließlicher künstlicher Verjüngung, in Beständen mit einer Holzart, einem Alter, namentlich auch in der Jugendzeit, ferner bei weithin gleichmäßigen Standorts- und Schlußverhältnissen. Diese Bedingungen wird man z. B. öfters in den Kieferngegenden der Ebene vereinigt finden. Wenn aber die Anwendung des Probeflächenverfahrens für solche Bestände noch zulässig erscheint, so findet es dennoch wegen seiner Unsicherheit und immerhin noch beträchtlichen Zeitaufwandes bei einsichtigen Taxatoren mit Recht immer weniger Beachtung.

B. Das Kreisprobeflächenverfahren nach Zetzsche.

Eine eigenartige Variation des Probeflächenverfahrens ist von dem Herzogl. Meining. Oberforstrat Zetzsche*) empfohlen worden. Derselbe ging von dem Gedanken aus, daß die Schwierigkeiten in der richtigen Auswahl der gewöhnlichen Probeflächen dazu führen müssen, möglichst viele, dafür aber kleine Probeflächen zu benutzen, deren Aufsuchen und Abstecken keinen Zeitaufwand verursachen dürfe. Zu diesem Zwecke soll sich der Taxator mit einem leichten, 3 Meter langen Stabe versehen, den Bestand nach allen Seiten durchwandern, hierbei in regelmäßigen Abständen stehen bleiben und mit dem Stabe bei

*) Mitgeteilt von Forstkommissar Schmidt, A. F. u. J. Z. 1891, S. 73.

gerader Körperhaltung um sich einen Kreis beschreiben. Alle Stämme, welche in diesen Kreis fallen, werden kluppiert, und je im 5. Kreis auch einige Höhen gemessen. Die Fläche der so beschriebenen Kreise, also die Probefläche, ist für jeden Taxator je nach dessen Gewohnheiten verschieden und empirisch zu bestimmen. Durchschnittlich sollen 230 ein Hektar ausmachen. Die Zahl dieser Kreisprobeflächen wird notiert und ihre Gesamtfläche summiert, die Stammgrundfläche des ganzen Bestandes ergiebt sich dann durch einfache Proportion.

Zetzsche giebt noch folgende Verhaltungsmaßregeln:

1. Man gehe den Bestand vor der Aufnahme durch.
2. Man wähle die Flächen in möglichst gleichen Abständen von etwa 20—50 Schritt.
3. Man gehe hierbei weder Blößen noch den dichten Stellen absichtlich aus dem Wege.
4. Man achte auf eine gleichmäßig gerade Körperhaltung.
5. Sehr schmale und kleine Bestände nehme man mit dieser Methode lieber nicht auf.

Die Resultate des Verfahrens, das im Meiningischen Anwendung findet, sollen befriedigend sein. Schmidt fand bei seinen Versuchen einen Durchschnittsfehler von + 3,75 % gegenüber der stammweisen Aufnahme, dabei aber eine Tagesleistung von durchschnittlich 30 ha. Im günstigsten Falle konnte er an einem Tage 800 Kreisprobeflächen aufnehmen, was einer Tagesleistung von 40 ha entspricht, da ungefähr 20 Kreisprobeflächen auf 1 ha gerechnet werden dürfen.

Anmerkung. Kreisprobeflächen von etwas anderer Art empfiehlt auch Fm. Dr. Behringer, worüber man das nähere in dessen Buch „Schätzung stehenden Fichtenholzes" Berlin 1900, I. Teil, S. 16, nachsehen wolle.

Anhang.

Das Behringersche Schätzungsverfahren.

Eine teilweise Schätzung stellt auch das Behringersche Verfahren*) dar, welches die Stammgrundfläche durch stammweises Kluppieren, Probeflächen oder auch durch Auszählen und schätzungsweises Ermitteln des Mittelstammdurchmessers bei einem „Stärkeorientierungsgang" bestimmt und die Bestandsmasse mit Hilfe von besonderen „Schätzungstafeln", welche Auszüge aus den weiter unten erwähnten Ertragstafeln darstellen, zu ermitteln sucht.

*) Behringer, Die Schätzung stehenden Fichtenholzes. Berlin 1900. I. u. II. Teil.

Zweites Kapitel.

Vollständige Schätzung. Okularschätzung.

A. Stammweise Abschätzung.

Es liegt nahe, bei der Okularschätzung von Bestandsmassen die Inhalte der einzelnen Bäume zu schätzen, deren Summe den Holzgehalt des Bestandes ergiebt. Es wird zu diesem Zwecke der Taxator den Bestand streifenweis durchgehen und die Masse jedes einzelnen Baumes nach den S. 234 gegebenen Anhaltspunkten ansprechen, wobei die Näherungsformel $\frac{d^2}{1000}$ sehr gute Dienste leisten wird. Jeder eingeschätzte Stamm ist mit Kreide oder Baumreißer zu zeichnen, die Inhalte werden notiert und schließlich aufaddiert. Zu diesem Geschäfte können sich auch, um die Arbeit zu beschleunigen, mehrere Taxatoren vereinigen. Dieselben werden dann entweder den Bestand untereinander verteilen oder denselben, in einer Front einige Meter voneinander sich aufstellend, ebenfalls streifenweis durchgehen.

In ähnlicher Weise hat man schon im 18. Jahrhundert Bestandsmassen ermittelt*), nur daß man dazu erfahrene Holzhauer verwendete. Heutzutage kann das Verfahren einmal gelegentlich Anwendung finden, wenn es sich darum handelt, rasch einen rohen Überschlag zu machen, in Beständen mit recht verschiedenartiger Ausbildung der Stämme. Aber auch nur dann, wenn es sich um kleine Flächen, bezw. um relativ wenig Stämme handelt. Also z. B. im lichten Altholz, im Mittelwald, bei Überhaltern. In stammreichen Beständen, also namentlich auch in den mittelalten Hölzern, wäre das Verfahren viel zu umständlich und würde fast dieselbe Zeit beanspruchen wie die Kluppierung, deren Resultate dann bedeutend verläßlicher sind. Will man in solchen Fällen dennoch die bloße Schätzung anwenden, so sind die weiter unten beschriebenen Methoden vorzuziehen. Versuche über die bei der stammweisen Schätzung erreichbare Genauigkeit sind von Ihrig vorgenommen worden**), nach welchen bei 200 Buchen im Durchschnitt ein Fehler von + 3,8%, mit Maximalabweichungen von + 11,4 und — 1,5% gemacht wurde. Mag dies auch sehr befriedigend sein, so darf man hierbei doch nicht übersehen, daß bei allen solchen Schätzungen die besondere Geschicklichkeit des Taxators, erworben durch natürliche Veranlagung, häufige Übung und genaue Kenntnis der lokalen Wachstumsverhältnisse, eine ausschlaggebende Rolle spielt.

---

*) Stahls Forstmagazin 1763 III und 1764 IV (Autor v. Zanthier).

**) A. F. u. J. Z. 1861 Suppl. III. S. 75.

B. Flächenweise Abschätzung.

Der Hauptwert der okularen Schätzung, der einzige Grund, welcher dieser Massenermittelungsmethode überhaupt noch eine, wenn auch beschränkte Bedeutung in unserer entwickelten Forstwirtschaft gewähren kann, liegt in der Schnelligkeit der Arbeitsleistung. Aus dieser Ursache kann auch der stammweisen Abschätzung, welche viel Zeit beansprucht, bei weitem nicht die Bedeutung zukommen, wie der anderen Art des Abschätzens, welche den Holzgehalt flächenweis in einem Zuge anspricht. Würde man hierbei freilich den Holzgehalt eines ganzen großen Bestandes summarisch in seiner absoluten Größe taxieren, wie man vor Jahrhunderten verfuhr, so würden große Irrtümer die Regel sein. Dies Verfahren kommt also nicht in Frage; dagegen kann man die relative Masse des anstehenden Holzes, das heißt den Holzgehalt pro Hektar bei einiger Übung mit ziemlicher Sicherheit ansprechen.

Auch dieses bloße okulare Schätzen ist ein Messen, wenn auch nur ein geistiges, bei dem der Taxator den Maßstab im Kopfe haben muß. Deswegen muß sich aber auch ein jeder, welcher so schätzen will, vorher diesen ideellen Maßstab verschaffen, d. h. sich die Bilder solcher Bestände dauernd einprägen, deren Masse ihm auf irgend einem Wege genau bekannt geworden ist. Außerdem aber muß er, das ist sehr wichtig, während der Dauer einer längeren Schätzungsperiode ab und zu durch Nachmessen der geschätzten Bestände prüfen, ob die vor seinem geistigen Auge stehenden Bestandsbilder, die er als Maßstab anlegt, keine Veränderung erfahren haben, ein Fall, der sich bei länger dauernden Schätzungen häufig zeigt. Auf alle Fälle aber gehört nicht nur viel Übung, sondern auch eine gewisse Veranlagung dazu, um den Ruf eines guten und einigermaßen sicheren Taxators zu erlangen. Sind dann auch noch im übrigen gewisse äußere günstige Bedingungen gegeben, so kann solchen bloßen Schätzungen ein hoher Grad von Sicherheit innewohnen, der sich unter Umständen bis zu der Genauigkeit der stammweisen Messung steigern kann. Diese äußeren Bedingungen aber sind: Gleichaltrigkeit, Reinheit bezw. regelmäßiges Mischungsverhältnis, gute Durchforstung, gleichmäßiger Schluß und gleichmäßiges Wuchsverhältnis, mit einem Worte: Regelmäßigkeit des Bestandscharakters. Alles das findet man aber am ersten noch vereinigt dort, wo die künstliche Verjüngung herrscht und wo eine sorgfältige Forsteinrichtung eine scharfe, ins kleine gehende Bestandstrennung hat eintreten lassen, und wo infolge dessen die durchschnittliche Flächengröße der einzelnen Bestände eine geringe ist*).

*) Auf diesen letzteren Umstand ist ganz besonderes Gewicht zu legen. Er erklärt z. B. wie es möglich ist, in einer so hoch entwickelten Forstwirtschaft, wie die der kgl. sächsischen Staatsforsten, für die Massenermittelungen zu Forsteinrichtungszwecken ausschließlich und auch in den Hiebsorten nur von der Okularschätzung Gebrauch zu machen.

Die bloße Okularschätzung läßt sich nun aber durch Benutzung einiger Hilfsmittel wesentlich sicherer gestalten und zwar sind dies die folgenden:

a) Schätzung nach Ertragstafeln.

Die Ertragstafeln werden an späterer Stelle eine eingehende Besprechung finden. Hier sei nur angegeben, daß man unter einer Ertragstafel, ganz kurz ausgedrückt, eine Tabelle versteht, in welcher die Massenerträge der einzelnen Holzarten, getrennt nach den verschiedenen Bonitätsgraden, für alle Altersabstufungen angegeben sind.

Die Anwendung einer solchen Tafel setzt also voraus, daß man den Gütegrad und das Alter des abzuschätzenden Bestandes kennt oder wenigstens annähernd mit einiger Sicherheit bestimmen kann.

Eine derartige Ertragstafel kann man sich selbst verschaffen, wenn man in dem zu schätzenden Gebiete in einer größeren Anzahl charakteristischer Bestände für die verschiedenen Standortsverhältnisse und Altersstufen kleine Probeflächen genau aufnimmt und die pro Hektar berechneten Massen nach den erwähnten beiden Gesichtspunkten zu einer Tabelle zusammenstellt, wobei fehlende Glieder auf dem Wege der Interpolation ergänzt werden dürfen. Sehr zweckmäßigerweise wird man in dieselbe auch die Ergebnisse stattgefundener Kahlhiebe mit verarbeiten. Man erhält auf diese Weise eine Lokalertragstafel, Lokalbestandstafel. Der Vergleich der zu taxierenden Bestände mit diesem Muster, d. h. das Einschätzen der bezüglichen Bestandsbonitäten wird wesentlich erleichtert, wenn man die Möglichkeit hat, die Musterbestände öfters wieder zu besichtigen. Es sollen diese daher am besten an leicht zugänglichen Orten ausgesucht und dauernd bezeichnet werden.

Ist man gezwungen, unter ganz unbekannten Waldverhältnissen schätzungsweise Aufnahmen in größerem Umfange vorzunehmen, so bietet die Aufstellung einer solchen Lokalertragstafel mit den sichersten Weg, um zu einem einigermaßen befriedigenden Resultate zu gelangen.

Es besteht aber auch die Möglichkeit, sog. allgemeine Ertragstafeln zu verwenden, das sind solche, welche die normalen Erträge für die einzelnen Bonitäten und Altersstufen angeben. Zu deren Anwendung bedarf man außer der Kenntnis des Alters und der Bonität auch noch die des Bestockungsgrades, um die normalen Ertragsangaben der Tafel auf die wirklichen Erträge reduzieren zu können. Außerdem ist Voraussetzung, daß auch im allgemeinen die Entwickelung des Wuchsganges der Ziffernreihe der Tafel entspricht.

Am leichtesten ist die Ermittelung des Alters, das durch Abzählen der Jahresringe an Stöcken oder an besonders hierzu gefällten Stämmen gefunden, häufig auch aus der Buchführung festgestellt werden kann.

Dagegen muß der wichtige Faktor des Bestockungsgrades lediglich im Wege des Gutachtens, in Prozenten oder Zehnteln der Vollbestockung erhoben

werden, weil der einzige sichere Weg, die Ermittelung der Stammgrundfläche durch Auskluppieren, der Lage der Sache nach ausgeschlossen ist. Aber auch wenn dies möglich wäre, so würde sich der Bestockungsgrad doch nicht mit unantastbarer Sicherheit angeben lassen, weil ja der Begriff der Normalbestockung selbst gar nicht scharf präzisiert werden kann.

Die Einschätzung der Bonitätsstufe stößt so lange nur auf geringe Umstände, als man geneigt ist, die mittlere Bestandshöhe als Weiser für die Bonität zu statuieren. Von dieser Möglichkeit haben die neueren Ertragstafeln auch z. T. Gebrauch gemacht, so daß deren Anwendbarkeit für die Zwecke der Bestandsschätzung hierdurch erleichtert ist. Die älteren Ertragstafeln (von Burkhardt, Preßler u. a.) enthalten eine ähnliche Bonitätscharakteristik nicht und überlassen die Einschätzung der Bonität lediglich dem durch vielfache Übung gereiften taxatorischen Urteile.

In der soeben geschilderten Weise verfährt z. B. die Kgl. Sächsische Forsteinrichtungsanstalt bei ihren Massenermittelungen. Da in ihrem hauptsächlichsten Wirkungsgebiet die Bedingungen für die Anwendung der bloßen Schätzung günstig liegen, so vermag sie mit ihrem geübten Personal Resultate zu erreichen, welche an die der stammweisen Aufnahme mit der Kluppe heranreichen, wie die nachfolgende willkürlich herausgegriffene Zahlenübersicht zeigt, welche die Vergleichung der geschätzten Holzmassen gegenüber dem Hiebsergebnisse für die einzelnen Reviere einiger sächsischer Oberforstmeistereibezirke wiedergiebt.*)

Der Hieb ergab gegen die Schätzung in Prozenten:

Fichten- und Kiefern-	mehr	—	8	15	0,2	13	9	17	19	2	6	1	—	—
gebiet Schandau	weniger	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,7	8
Fichtengebiet Grillen-	mehr	12	2	1	21	—	—	2	5	—	—	—	—	—
burg	weniger	—	—	—	—	1	8	—	—	3	(29)	—	—	—
Kieferngebiet Moritz-	mehr	2,7	0,7	—	3	—	2	—	—	—.	—	—	—	—
burg	weniger	—	—	15	—	12	—	9	—	—	—	—	—	—

Dabei pflegt die Tagesleistung zwischen 60 und 130 ha ungefähr zu schwanken, und in einförmigen Kiefernwäldern oft noch mehr zu betragen.

b) Schätzung mit Hilfe der Abstandszahl.

Das Schätzungsverfahren mit Hilfe der Abstandszahl ist zwar vollständig veraltet, soll aber, da das Wort noch geläufig ist und in einem Lehrbuche der Holzmeßkunde gesucht werden könnte, hier eine ganz kurze Erwähnung

*) Nach freundl. zur Verfügung gestellten Mitteilungen des Kgl. Oberforstmeisters Schulze in Dresden aus einem demnächst erscheinenden Aufsatze.

finden. Einem jeden Baume im Bestande kommt ein bestimmter Anteil an der Bodenfläche, ein bestimmter Standraum zu. Faßt man nun diesen Standraum als eine quadratische Fläche, mit der Quadratseite s auf, so bildet das Verhältnis dieser Standraumseite s zu dem Brusthöhendurchmesser d des betreffenden Baumes die Abstandszahl a nach Preßler.*) Also

$$a = \frac{s}{d}.$$

Es läßt sich nun die Proportion aufstellen

$$\frac{\text{Bodenfläche des ganzen Bestandes}}{\text{Stammgrundfläche des ganzen Bestandes}} = \frac{Fl}{G} = \frac{s^2}{\frac{\pi}{4} d^2}.$$

Bezieht man aber die Standraumseite s auf einen Baum vom Durchmesser 1, so ist zunächst

$$a = \frac{s}{1} = s$$

und infolge dessen auch

$$\frac{Fl}{G} = \frac{s^2}{\frac{\pi}{4}} = \frac{a^2}{0{,}785}.$$

Hieraus erhält man aber die Stammgrundfläche G in dem Ausdrucke

$$G = \frac{Fl \cdot 0{,}785}{a^2}.$$

Die Abstandszahl a dient also zunächst zur Berechnung der Stammgrundfläche eines Bestandes,**) aus welcher man weiter mit Hilfe einer durchschnittlichen Formzahl oder Richthöhe den Inhalt finden kann. Für letzteren Zweck hat Preßler noch besondere Hilfstafeln in seinen Neuen holzwirtschaftlichen Tafeln berechnet, welche jene Rechnungsoperationen wesentlich erleichtern.

Zur Ermittelung der Abstandszahl schlug Preßler vor, auf einer kleinen rechteckigen Probefläche von bekannter Größe die Stammzahl und den mittleren Durchmesser zu bestimmen. Man erhält daraus zunächst s^2 und dann a, wie folgendes Beispiel deutlicher zeigen möge:

---

*) Neue holzwirtschaftliche Tafeln 1857. S. 89.

König bezog die Abstandszahl nicht auf den Durchmesser, sondern auf den Baumumfang. Forstmathematik 1864. V. Aufl. S. 362.

**) Vergl. hierzu die Baursche Kritik. A. F. u. J. Z. 1860. S. 101.

Auf einer Fläche von 200 qm ſtehen 50 Stämme von 12,5 cm mittlerem Durchmeſſer. Dann iſt der Standraum eines Baumes $s^2 = \frac{200}{50} = 4$ qm. Die Standraumſeite $s = 2$ m $= 200$ cm und die Abſtandszahl $a = \frac{200}{12{,}5} = 16$.

Etwas einfacher und näherungsweiſe kann man die Abſtandszahl aber auch beſtimmen, wenn man die Entfernung je zweier Bäume von Stammmitte zu Mitte mißt und durch das arithmetiſche Mittel der beiden zugehörigen Durchmeſſer dividiert. Der Durchſchnitt aus mehreren ſolchen Berechnungen wird dann annähernd der Abſtandszahl entſprechen.

In neuerer Zeit iſt vom Forſtdirektor Bretſchneider eine Modifikation des Verfahrens angegeben und empfohlen worden,*) welche als Abſtandszahl die mittlere Entfernung der auf einer annähernd geraden Linie befindlichen Stämme ermittelt, die Stammzahl durch Diviſion der Beſtandsfläche mit dem Quadrate dieſer Abſtandszahl und die Verteilung der Stämme in den Stärkeſtufen durch einfache Proportion aus den bei der Aufnahme der Abſtandszahl vorgekommenen Durchmeſſerſtufen berechnet.

Würdigung. Wie bereits bemerkt, muß das Verfahren als vollſtändig veraltet bezeichnet werden, da es bei relativ hohem Zeitaufwande recht mangelhafte Reſultate ergiebt. Die Genauigkeit des Reſultates hängt offenbar von der richtigen Beſtimmung der Abſtandszahl ab. Verfährt man in dieſer Beziehung ſummariſch, ſo wird das Ergebnis ſehr unſicher. Baur fand z. B. bei ſeinen Verſuchen Fehler zwiſchen 12 und 36 %. Ermittelt man ſie dagegen nach der Preßlerſchen Vorſchrift ſorgfältiger, ſo braucht man ebenſoviel Zeit wie bei einer genauen Meſſung der Stammgrundflächen.

c) Das Gerding-Borggreveſche Näherungsverfahren.**)

In geſchloſſenen und durchforſteten älteren Kiefern- und Buchenbeſtänden bewegt ſich die Stammgrundfläche pro Hektar zwiſchen 30 und 35 qm, bei Fichten und Tannen zwiſchen 35 und 45 qm. Die durchſchnittliche Derbholzformzahl liegt bei 0,48, ſo daß das Produkt GF_d ſchwanken wird zwiſchen 15 und 20. Dieſes Produkt braucht man aber nur noch mit der durchſchnittlichen Scheitelhöhe zu multiplizieren, um die Derbholzmaſſe pro Hektar zu bekommen. Auf dieſem Gedanken fußend, giebt Borggreve folgende Regel an:

Um den Derbholzgehalt pro Hektar zu finden, multipliziere man die Durchſchnittshöhe

bei Buche und Kiefer mit 14—18, im Mittel mit 16
„ Fichte „ Tanne „ 16—22, „ „ „ 18.

*) Ö. F. 1893. S. 37 u. 236, vergl. auch Ö. F. 1893. S. 146.
**) F. Bl. 1891. S. 90 und S. 132 (Gerding).

Ein einfaches Verfahren, das uns in den Stand setzt, auf die Frage nach dem Inhalt eines Bestandes sofort eine einigermaßen begründete Antwort zu geben, und das deswegen verdient, der Vergessenheit entrissen zu werden.

Drittes Kapitel.

Die Schätzung des Nebenbestandes.

Die in den vorangehenden Kapiteln erwähnten Taxationshilfsmittel der Formzahlen und Massentafeln sind gewonnen worden durch Untersuchung von Stämmen, welche dem Hauptbestande angehörten. Würde man sie auch zur Inhaltsermittelung der unterdrückten Stämme des Nebenbestandes benutzen, so würden sich wegen der abweichenden Formenverhältnisse des letzteren nicht unbeträchtliche Fehler ergeben. Handelt es sich also einmal darum, den Holzgehalt des Nebenbestandes mit größerer Genauigkeit festzustellen, so bleibt nichts anderes übrig, als dies durch stammweise Aufnahme unter Fällung von Probestämmen zu bewirken. Allein eine solche Genauigkeit wird in der Regel nur für wissenschaftliche Zwecke verlangt werden, für die Fälle der Praxis wird meist ein einfacheres Verfahren, beziehungsweise eine gemeinsame Aufnahme mit dem Hauptbestande ausreichen. Hierzu berechtigen vornehmlich zwei Umstände: erstens die Thatsache, daß es eine scharf ausgesprochene Grenze zwischen beiden Teilen des Bestandes nicht giebt, und zweitens der Umstand, daß bei der relativen Geringwertigkeit des Nebenbestandes ein Irrtum in seiner Masse materiell nicht in die Wagschale fallen kann.

Man wird sich daher, und namentlich aus letzterem Grunde, zur Bestimmung der Masse des Nebenbestandes ohne Nachteil auch derjenigen Methode bedienen können, welche mit dem geringsten Aufwand möglichst rasch ein Resultat ergiebt, das heißt: zu dem einfachen Mittel der Okularschätzung greifen können.

Freilich verlangt gerade eine solche Schätzung ein besonderes Maß von Aufmerksamkeit, weil der Nebenbestand, ganz abgesehen von der bei seiner Abgrenzung möglichen Willkür, beträchtlichen Schwankungen unterliegen kann. Man darf den Nebenbestand nicht identifizieren mit den Vorerträgen, denn letztere können auch einen aus irgend welcher Ursache genutzten Teil des Hauptbestandes umfassen. Unter Nebenbestand ist vielmehr nur der schwächste, geringwertige Teil des ganzen Bestandes zu verstehen, welcher in dem Entwickelungsgang des letzteren, im Kampfe ums Dasein unterdrückt wird und abstirbt oder vorher im Wege eines geregelten Zwischennutzungsbetriebes geerntet wird. Aber auch dieser Teil des Bestandes schwankt in seiner Menge

Normale Vorerträge

nach den Aufnahmen des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten.

Gesamtmasse in Festmetern pro Hektar.

Alter	Kiefer Bonitätsstufe I	II	III	IV	V	Fichte Bonitätsstufe I	II	III	IV	V	Tanne Bonitätsstufe I	II	III	IV	Buche Bonitätsstufe I	II	III	IV	V	Eiche Bonitätsstufe I	II	III	IV	Alter
20	51	10	8	7	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
30	56	37	38	23	11	43	23	—	—	—	20	8	—	—	14	6	—	—	—	30	25	18	12	30
40	55	48	41	28	13	62	34	28	6	—	45	30	15	—	36	24	16	11	3	34	27	20	14	40
50	52	48	39	26	14	70	53	48	27	13	55	46	28	16	46	33	23	15	9	36	29	22	16	50
60	49	45	34	24	12	75	66	58	43	22	88	62	40	29	50	36	26	19	12	38	30	24	16	60
70	46	41	29	22	11	74	70	63	51	27	110	78	58	42	50	41	29	20	13	38	30	24	18	70
80	44	37	25	19	9	70	67	61	55	34	120	90	70	59	51	42	31	21	14	40	32	26	18	80
90	41	33	21	7	4	63	58	54	55	36	110	93	72	65	49	43	32	23	14	40	32	26	18	90
100	37	29	19	—	—	58	46	41	44	30	70	83	76	68	45	39	33	24	14	38	32	26	18	100
110	20	22	15	—	—	39	31	23	25	22	58	58	64	45	43	37	32	24	15	38	32	26	20	110
120	6	8	6	—	—	20	22	16	16	10	48	51	40	40	41	36	32	21	16	37	32	26	19	120
130	—	—	—	—	—	7	11	8	6	3	25	(13)	22	22	39	34	31	20	13	36	30	25	18	130
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					19	17	15	9	6	35	30	24	18	140
150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34	29	23	17	150
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	28	22	17	160
	Weise, Ertragstafel für d. Ki. 1881, S. 135.					v. Lorey, Ertragstafeln für die Fi. 1899, S. 80.					v. Lorey, Ertragstafeln f. d. W.-Ta. 1897, S. 64.				Schwappach, Wachstum u. Ertrag normaler Rotbu. 1893, S. 44.					Wimmenauer, Für hessische Eichen. A. F. u. J. Z. 1900, S. 2.				

ganz außerordentlich, je nach Holzart, Alter, Standortsgüte, Begründungs- und vornehmlich auch Behandlungsart.

Alle diese Verhältnisse muß der Taxator würdigen, wenn er den Nebenbestand einschätzen, bezw. die zu erwartenden Zwischennutzungserträge feststellen will. Er wird zu diesem Zwecke am besten auf *örtlich gewonnenen* Erfahrungszahlen über thatsächlich eingegangene Vorerträge fußen und deren Eingang auch für die Zukunft annehmen dürfen, vorausgesetzt, daß Veränderungen in den bisherigen Wirtschaftsmaßnahmen nicht eintreten. Allgemeine Erfahrungszahlen, große Durchschnittswerte hierfür zu verwenden, ist ohne vorherige Prüfung nicht rätlich.

Es sind derartige Vorertragstafeln schon mehrfach veröffentlicht worden, so in *Burckhardts* forstlichen Hilfstafeln, oder in *Danckelmanns* Waldgrundgerechtigkeiten (Bd. III, S. 2), die neuesten Angaben über die Zwischennutzungserträge in normalen Beständen sind in den einzelnen vom V. d. f. V. A. herausgegebenen Ertragstafeln enthalten, deren Zahlen in der vorstehenden Tabelle auszugsweise wiedergegeben sind.

Dritter Abschnitt.

Die Wahl der Ermittelungsmethode.

In den vorstehenden Ausführungen sind die Vorteile und die Nachteile der einzelnen Ermittelungsmethoden bereits auseinandergesetzt worden, ohne daß jedoch daraus ein unbedingter Vorzug irgend eines Verfahrens vor den übrigen abgeleitet werden könnte. Es hat eben ein jedes gewisse Eigentümlichkeiten aufzuweisen, welche je nach den äußeren Umständen, bald mehr, bald weniger, in den Vordergrund treten und als Mangel oder auch als Vorzug empfunden werden. Es erscheint deswegen angezeigt, noch einmal die allgemeinen Gesichtspunkte zusammenzufassen, welche bei der Wahl der Methode unter gegebenen Verhältnissen zu berücksichtigen sind. Es sind dies aber im wesentlichen die folgenden drei Umstände:

1. der Zweck der beabsichtigten Aufnahme,
2. die allgemeinen wirtschaftlichen Verhältnisse und
3. die specielle Beschaffenheit des aufzunehmenden Bestandes.

1. Der Zweck der Aufnahme.

Bei allen Bestandsaufnahmen ist eine absolute Genauigkeit nie zu erreichen, weil von den die Masse ergebenden Faktoren sich mit Sicherheit nur

die Bestandskreisfläche G, zur Not auch noch die Bestandshöhe H ermitteln, die Formverhältnisse dagegen sich stets nur annähernd feststellen lassen. Man muß sich also mit einer relativen Genauigkeit begnügen.*) Der Grad dieser Genauigkeit ist aber abhängig von der angewendeten Sorgfalt bei der Arbeit und von der besonderen Eigentümlichkeit der benutzten Methode. Wenn man nun aber einerseits unter allen Umständen eine sorgfältige präcise Arbeit bei der Aufnahme und bei den Rechenoperationen als selbstverständlich voraussetzen muß, so kann man andererseits doch nicht zugleich auch den Grundsatz aufstellen, daß bei einer Bestandsmassenermittelung unter allen Verhältnissen diejenige Methode gewählt werden müsse, welche an sich die sichersten Resultate verbürgt. Denn es giebt zahlreiche Fälle, in welchen es nur darauf ankommt, den Massengehalt eines Bestands wenigstens annähernd, d. h. frei von groben Fehlern zu bekommen und wo aus kleineren Irrtümern ein faßbarer Nachteil nicht erwächst. In dieser Lage wäre es unangebracht, eine solche Methode zu wählen, welche den überflüssigen Grad von Genauigkeit nur mit einem höheren Zeit-, das heißt Geldaufwand zu erreichen gestattet. Und umgekehrt kann uns der besondere Zweck einer Bestandsaufnahme oft zwingen, selbst hohe Kosten nicht zu scheuen, wenn dadurch eine Verringerung des Fehlers erreicht wird.

Die Veranlassung zu solchen Erhebungen kann eine dreifache sein: forststatische Untersuchungen, beabsichtigte Eigentumsabtretung oder Benutzung für Zwecke der Forsteinrichtung.

Die Wahl der Methode für forststatische Untersuchungen.

Bei allen forststatischen Untersuchungen handelt es sich darum, nicht nur ein neues, sondern auch ein unanfechtbares Material zu Tage zu fördern. Aus ersterem Grunde ist zunächst ein ganz bestimmtes Verfahren der Inhaltsermittelung gegeben, nämlich entweder die vollständige Fällung und sektionsweise Kubierung oder wenigstens die Benutzung von reellen Probestämmen und deren Kubierung durch direkte Messung. Jede Kubierungsmethode, welche anderwärts gewonnene Resultate auf den zu messenden Bestand überträgt, also die Benutzung von Formzahlen oder von Massentafeln, ist hier nicht statthaft.

Die verlangte Unantastbarkeit des zu gewinnenden Materials schließt fernerhin jede Methode aus, welche das Moment der Okularschätzung hineinbringt,

*) Größere zusammenhängende Studien über den Genauigkeitsgrad, welcher mit den einzelnen Methoden zu erreichen ist, finden sich unter anderem: A. F. u. J. Z. 1887, S. 65 von Grünewald; Th. f. J. 1886, S. 18 von Bühler; daselbst 1893, S. 197, sowie Supplement zum Th. f. J. III., S. 1, VII., S. 22, VIII., S. 1 von Kunze; Z. f. d. g. F. 1898, S. 465 u. 519 von Böhmerle; Z. f. F. u. J., Bd. 17 von Weise.

also vor allen Dingen auch die sogen. Probeflächenmethode. Es muß vielmehr der ganze zu untersuchende Bestand stammweise aufgenommen werden. Da es sich bei derartigen Untersuchungen aber immer darum handeln wird, nur solche Bestände oder Teile von Beständen aufzunehmen, welche in sich völlig gleich sind und bestimmte scharf umschriebene Wachstumsbedingungen erfüllen, oder, mit anderen Worten, nur die für gegebene Verhältnisse normalen Erträge festzustellen und da weiter die verlangte Gleichheit sich in der Regel nur auf kleineren Flächen vorfindet, so wird man dazu kommen, dennoch nur Teile eines Bestandes, also Probeflächen aufzunehmen. Die „Probeflächen" dieser Art sind aber dann „Versuchsflächen" d. h. sie sind nicht als durchschnittliche Repräsentanten eines größeren Bestandes, sondern als selbständige kleine Bestände aufzufassen, die also doch in ihrer vollen Ausdehnung aufgenommen werden. Bei der weiteren Wahl der Aufnahmemethode hat man sich sodann zu vergegenwärtigen, daß es sich bei deren Inhaltsermittelung wohl um genaue Mengenbestimmung des Derbholzes und des Reisigs handelt, daß aber die Frage nach dem sonstigen Sortimentsanfall etwas in den Hintergrund tritt. Es ist also kein besonderer Wert auf die gemeinsame Aufbereitung der Probestämme zu legen. Dafür treten andere Fragen auf, wie z. B. die nach dem Anteil der einzelnen Bestandspartien an dem Zuwachse und anderes mehr. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, dürfte man sich also für eine stammweise Aufnahme entweder nach Durchmesserstufen (Draudt) oder mit Bildung von Klassen noch geringeren Umfanges (Preußisches Verfahren S. 282) entschließen. In manchen Fällen wird sogar noch eine weitere Specifizierung mit Numerierung der Einzelstämme Platz zu greifen haben. In allen Fällen aber ist die Benutzung einer nicht zu geringen Anzahl von Probestämmen angezeigt.

Ein solches Verfahren erfordert natürlich viel Arbeit und Zeit, der hiermit verbundene Geldaufwand darf aber angesichts des beabsichtigten Zweckes kein Hindernis sein.

Die Wahl der Methode bei bevorstehenden Eigentumsänderungen.

Die Aufnahme von Beständen ist häufig verursacht durch beabsichtigte Eigentumsveränderungen, wie Kauf und Verkauf, Tausch oder Teilung, Ablösungen. In diesen Fällen handelt es sich um Mein und Dein und es wird in der Regel eine sehr sichere Inhaltsermittelung verlangt, welche den Verkehrswert des betreffenden Waldstückes zu berechnen gestattet. Da aber der Wert eines Bestandes vornehmlich von dem Sortimentsanfall bedingt ist, so verdienen hier alle Methoden den Vorzug, welche eine gemeinsame Aufarbeitung des Probeholzes in ortsübliche Sortimente zulassen.

Andererseits sind aber für derartige Aufnahmen in der Regel nur beschränkte Mittel bewilligt, ebenso pflegt meistens eine Einschränkung in der

Anzahl der zu fällenden Probestämme gegeben zu sein. Allen diesen Bedingungen entspricht das Urichsche Verfahren am allermeisten.

Was dann die zu benutzende Kubierungsmethode anlangt, so indiziert die gewöhnlich zur Verfügung stehende geringe Zahl der fällbaren Probestämme entweder die stehende Kubierung weiterer Stämme oder aber vollständigen Verzicht auf gefällte Stämme und Benutzung von Formzahl- bezw. Massentafeln. Je nach dem Umfange der vorliegenden Untersuchungen wird man sich durch geeignete Aufnahmen Lokaltafeln erst herstellen oder allgemeine Tafeln zur Anwendung bringen dürfen.

Die größte Aufmerksamkeit wird man hierbei den haubaren und angehend haubaren Beständen zuzuwenden haben, welche eine stammweise Aufnahme verlangen. In den mittelalten, stammreichen Altersstufen wird man bisweilen mit Rücksicht auf die Kosten zu den Probeflächenmethoden greifen, jedenfalls aber dies Verfahren in den jüngeren und jüngsten zur Anwendung bringen.

Im großen und ganzen wolle man aber immer im Auge behalten, daß der Mehraufwand, welchen ein genaues Verfahren verursacht, nur ein ganz verschwindend geringer Teil der Werte ist, um deren Feststellung es sich handelt und daß also, wenn irgendwo, gerade für den vorliegenden Zweck eine übertriebene Sparsamkeit durchaus übel angebracht ist.

Als besonderer Fall ist noch der zu betrachten, bei welchem es sich um den Verkauf noch anstehenden Holzes handelt. Hier kommt es, wenigstens soll es in einer rationell betriebenen Forstwirtschaft so sein, nur darauf an, vorläufig einen annähernden Überblick über den zu erwartenden Holzanfall im ganzen oder nach den einzelnen Sortimenten zu erlangen, die eigentliche Wertbemessung erfolgt erst später auf Grund der Fällungsresultate. Dann aber wird man auch an Kosten sparen und ein mehr summarisches Verfahren, insbesondere unter Anwendung von Erfahrungszahlen, nicht ausschließen dürfen.

Die Wahl der Methode für Forsteinrichtungszwecke.

Bei der Wahl der Aufnahmemethode für Forsteinrichtungszwecke muß man sich vergegenwärtigen, daß die Waldertragsregelung allerdings ein Interesse an einer möglichst genauen Ermittelung der anstehenden Holzmassen besitzt, weil einmal die Höhe des vorzuschlagenden Hiebssatzes zum Teil hiervon mit abhängt und weil andererseits aus dem Nichtübereinstimmen der angenommenen Hiebsmassen mit dem Ergebnis des wirklichen Verschlages eine Störung des ganzen Forsteinrichtungswerkes und andere wirtschaftliche Unzuträglichkeiten hervorgehen. Der aus falschen Massenschätzungen hervorgehende Geldschaden ist dagegen verhältnismäßig geringer, da das Holz den Besitzer nicht wechselt. Es kann hieraus die Zulässigkeit der weniger genauen, dafür aber rascher

fördernden Methoden gefolgert werden. Es fällt auch angesichts der großen bei Taxationen in Frage kommenden Flächen und angesichts der häufigen Wiederkehr solcher Ermittelungen der Kostenpunkt noch mehr ins Gewicht. Umgekehrt aber gestattet gerade die regelmäßige Wiederholung der Aufnahme um so leichter eine nachträgliche Korrektur, so daß die Bedenken gegen die Wahl von summarisch vorgehenden Methoden erheblich abgeschwächt werden müssen. Die stammweise Aufnahme wird etwas in den Hintergrund gedrängt werden und die eigentliche Schätzung findet hier ein geeignetes Feld, natürlich soweit nicht spezielle und der Okularschätzung an sich widrige Verhältnisse dem entgegenstehen.

Die höhere Genauigkeit ist erwünscht in den Hiebsorten. Hier kann die stammweise Aufnahme nach irgend einer Methode ihren Platz finden und sie muß angewendet werden, wo unregelmäßige Waldverhältnisse eine unzulässig große Unsicherheit der Schätzung bedingen. Das ist z. B. der Fall im Mittelwalde, bei natürlicher Verjüngung, in Lichtungsschlägen u. s. w. Wünschenswert ist eine genauere Methode auch bei allen Beständen, welche bis zu ihrem späteren Hiebe nicht wieder aufgenommen werden können, also z. B. dort, wo man 10jährige Revisionsperioden und dazu noch 5jährige Zwischenrevisionen hat, bei allen den Beständen, welche im ersten Jahrfünft zum Hiebe gelangen.

Alle anderen Bestände dagegen, welche innerhalb der laufenden Einrichtungsperiode nicht geschlagen werden, dürfen ohne Nachteil auf dem Wege bloßer Schätzung taxiert werden. Wird diese Arbeit von einem geübten ständigen Forsteinrichtungspersonale und unter Benutzung geeigneter Hilfsmittel, wie passende Ertragstafeln, ausgeführt, so dürften auch die Resultate allen billigen, selbst strengen Anforderungen entsprechen.

Einen Umstand, welcher sehr für die Anwendung der Schätzung nach geeigneten Erfahrungstafeln spricht, wolle man bei der Beurteilung dieser Dinge nicht aus den Augen lassen. Die stammweise Aufnahme kann nur mit der Rinde messen. Ihr Resultat muß, um einen Vergleich mit dem Hiebsergebnis zuzulassen, um den Betrag der Rindenmenge gekürzt werden. Das aber kann nur auf Grund schätzungsweiser Verhältnisse erfolgen, so daß selbst die peinlichste Messung dann doch nicht frei von dem Momente der Schätzung ist. Da will es denn besser erscheinen, die Schätzung überhaupt gleich und ausschließlich zur Anwendung zu bringen.

Große Sorgfalt ist dagegen bei denjenigen Erhebungen anzuwenden, welche beispielsweise zur Berechnung von Weiserprozenten, zur Feststellung des günstigsten Umtriebes nnd zu ähnlichen Zwecken vorgenommen werden, weil von deren Richtigkeit die Rentabilität der ganzen Wirtschaft in hohem Maße abhängig ist.

2. Einfluß der allgemeinen wirtschaftlichen Verhältnisse auf die Wahl der Methode.

Bei allen Bestandsaufnahmen, welche praktischen Zwecken dienen, muß das Prinzip der Wirtschaftlichkeit gewahrt werden, das heißt, es soll der Aufwand an Zeit und Geld in einem vernünftigen Verhältnis zu dem Effekte stehen. Handelt es sich also um wertvolle, vollständig aufgeschlossene Wälder, so hat auch ein Ermittelungsverfahren Platz zu finden, welches diesen Wert in einer präcisen Weise zum Ausdrucke bringt. Hat man dagegen im Gebiete noch extensiver Forstwirtschaft zu arbeiten, mit schwierigen Bringungsverhältnissen und niederen Preisen zu rechnen, bleibt wohl gar beim Hiebe der geringwertigere Teil des Bestandes stehen oder verfault er gefällt im Walde, dann hat eine specielle Aufnahme überhaupt keinen Zweck. In solcher Lage ist vielmehr wiederum einfache Schätzung, eventuell nach Erfahrungssätzen, vollständig gerechtfertigt. Fehlt es an dem nötigen Vergleichsmaterial, so muß man sich ein solches durch einige Probeflächen mit probeweiser Aufarbeitung der ganzen Holzmasse erst verschaffen. Ein gesunder praktischer Blick wird in solchen Lagen oft einen besseren Wegweiser bilden als lange Tabellen.

Die allgemeine wirtschaftliche Entwickelung eines Waldgebietes bedingt auch bis zu gewissem Grade den Stand der Forsteinrichtung in demselben. Die Forsteinrichtungsverhältnisse sind aber von großem Einflusse auf die anzuwendenden Ermittelungsmethoden. Sorgt die Forsteinrichtung für eine detaillierte Bestandsausscheidung, eine Aufgabe, nebenbei bemerkt, die in ihrer hohen Bedeutung zur Zeit merkwürdigerweise auch von vielen Fachleuten noch gar nicht erkannt wird, so erleichtert sie die Holzmassenfeststellung ganz beträchtlich, indem sie verwickelte Bestandszustände zu einfachen Verhältnissen in gleichmäßige kleinere Bestände auflöst, die ihrerseits nun wieder die Anwendung einfacherer Aufnahmeverfahren gestatten. Außerdem aber stellen die einzelnen Einrichtungsmethoden auch ganz verschiedene Anforderungen in Bezug auf die Massenermittelungen. Ist der Hiebssatz vornehmlich auf den Holzmassen basiert, wie z. B. bei allen Formelmethoden oder bei dem Massenfachwerk, so wird auch den Massenermittelungen im ganzen eine erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden sein. Sucht man dagegen die Nachhaltigkeit in erster Linie durch Innehaltung eines Flächenhiebsatzes zu wahren, wie es das Flächenfachwerk oder die Bestandswirtschaft thut, so ist die genaue Kenntnis der Holzmassen in den zunächst noch nicht zum Hiebe kommenden Orten auf den Massenetat ohne Einfluß und nur die Hiebsorte selbst verlangen eine genauere Bestimmung. Daß man aber unter sonst günstigen Verhältnissen auch bei diesen mit bloßer Schätzung recht gut auskommen kann, ist durch die Praxis hinlänglich erwiesen.

3. Einfluß der speciellen Bestandsverhältnisse auf die Wahl der Methode.

Im Niederwalde.

Am einfachsten liegen die Verhältnisse im Niederwalde. Will man sich hier nicht mit dem bloßen schätzungsweisen Ansprechen der Masse begnügen, so bieten kleine Probeflächen ein geeignetes Mittel, den Festgehalt genauer zu bestimmen. Dabei wird die Masse der Probefläche am einfachsten und ohne bemerkenswerten Schaden durch deren Kahlabtrieb gewonnen. Meist wird das aber nicht einmal nötig werden, denn in einer geordneten Forstwirtschaft wird man in den Ergebnissen früherer Hiebe sehr zuverlässige Anhaltspunkte für die Schätzung finden. Voraussetzung ist hierbei allerdings auch eine sorgfältige Bestandstrennung, namentlich mit Rücksicht auf den Wechsel der Standortsverhältnisse.

Auf die Schätzung nach Erfahrungssätzen ist man auch angewiesen in Kopf- und Schneidelholzbeständen.

Im Mittelwalde.

Bezüglich der Aufnahme des Unterholzes im Mittelwalde ist auf das soeben über den Niederwald Gesagte zu verweisen. Dieselbe ist also von der des Oberholzes zu trennen. Die letztere aber kann mit Sicherheit nur im Wege der stammweisen Aufnahme erfolgen, wobei den wechselnden Form- und Höhenverhältnissen gebührende Aufmerksamkeit zu schenken ist, also unter Umständen die Bildung von Höhenklassen einzutreten hat. Daß man aus letzterem Grunde während des blattlosen Zustandes der Bäume ein bequemeres Arbeiten hat, bedarf kaum der Erwähnung. Vorläufig ist man auch noch gezwungen, zu Probefällungen zu greifen, da die stehende direkte Kubierung von Laubholzstämmen ihre besonderen Schwierigkeiten hat und geeignete Formzahlen zur Zeit für den Mittelwald noch nicht zur Verfügung stehen.

Im Hochwalde.

Im Hochwalde hat man es einerseits mit meist hochwertigen, andererseits auch mit mehr oder minder gleichmäßigen Beständen zu thun. Das Hervortreten des einen oder anderen Momentes muß auf die Wahl der Methode einwirken. Je wertvoller und ungleichmäßiger der Bestand ist, desto mehr ist eine stammweise Aufnahme angezeigt. Welches Verfahren dabei im Speciellen benutzt wird, das wird in der Hauptsache vom Zwecke der Aufnahme, wie bereits erörtert, bedingt sein. Im allgemeinen wird die Zweckmäßigkeit der stammweisen Aufnahme mit dem Alter steigen, so daß umgekehrt in jüngeren Orten wieder die Schätzung ihren Platz findet. Gegen das Probeflächenverfahren liegen eine Reihe allgemein gültiger, bereits erörterter Bedenken vor, so daß diese Methode der Massenermittelung nach Thunlichkeit vermieden werden

sollte. Auf keinen Fall sollte sie dort angewendet werden, wo häufiger Wechsel der Standortsgüte auch einen öfteren Wechsel der Bestockungs- und Wuchsverhältnisse bedingt oder wo die Unübersichtlichkeit des Terrains die Auswahl geeigneter Probeflächen noch besonders erschwert.

Die Ermittelung des Alters.

Einleitung.

Der Zweck der Altersbestimmung.

Ganz abgesehen von dem allgemeinen Interesse, welches die Kenntnis des Alters eines einzelnen Baumes oder eines ganzen Bestandes für jedermann bietet, ist dem Forstmann die genauere Bestimmung desselben aus verschiedenen Ursachen erwünscht oder unbedingt notwendig. Es ist nicht nur das Eintreten gewisser waldbaulicher Maßnahmen an das Erreichen eines bestimmten Alters geknüpft, sondern es hängt auch der gesamte Bewirtschaftungsplan eines Waldes zum guten Teile von seinen Altersverhältnissen ab. Das Alter wird gebraucht zur Gewinnung eines Durchschnittswertes für die Wachstumsleistung, eines Faktors, der zur wirtschaftlichen Beurteilung eines Bestandes von hervorragender Bedeutung ist. Seine Kenntnis ist notwendig bei der Aufstellung von tabellarischen Ertragsübersichten (Ertragstafeln), um den einzelnen Beständen ihren richtigen Platz in diesen Reihen zuweisen zu können. Umgekehrt aber muß man es wieder vom Einzelbestande wissen, um solche Ertragstafeln richtig anwenden zu können, also beispielsweise zur Ermittelung künftiger, wahrscheinlicher Erträge. Eine wesentliche Rolle spielt es auch bei der Aufstellung von Hauungsplänen, da ja sowohl das Alter des einzelnen Bestandes wie auch das Verhältnis der Altersabstufungen untereinander (Altersklassenverhältnis) maßgebend ist bei der Entscheidung, ob ein Bestand zum Hiebe gesetzt werden soll oder nicht. Es hängt die Hiebsreife in der Hauptsache vom Alter ab. Und so ließen sich noch eine Reihe von Fällen anführen, in denen die Kenntnis des Alters sich durchaus notwendig erweist.

Der Grad der verlangten Genauigkeit ist je nach den Umständen verschieden. Für manche Zwecke, wie Durchschnittsberechnungen, also insonderheit zur Erforschung der Wachstumsgesetze am Einzelstamm und am Bestande, ist

eine genaue Berechnung unumgänglich. Für andere Aufgaben, z. B. für die Einreihung in Altersklassen, welche meist 10 oder auch 20 Jahrgänge umfassen, ist eine annähernde Ermittelung noch ausreichend. Allgemein gültige Forderungen lassen sich also in dieser Beziehung nicht aufstellen.

Erstes Kapitel.

Das Alter des Einzelstammes.

A. Altersermittelung am gefällten Baume.

Am gefällten Stamme erfolgt die Altersermittelung in ebenso einfacher wie sicherer Weise durch Abzählen der Jahresringe an der Abschnittsfläche am unteren Ende bezw. am Stocke. Die hierbei gefundene Zahl giebt das Alter unmittelbar an, sofern der Abschnitt so tief erfolgte, daß im innersten Kern noch das ursprüngliche Stämmchen der einjährigen Pflanze getroffen wurde. Liegt der Abschnitt höher und kann oder will man den Stock selbst nicht näher untersuchen (durch Aufspalten), so ist gutachtlich noch die Zahl der Jahre zu addieren, welche der Baum nach den jeweils örtlichen Verhältnissen vermutlich gebraucht hat, um die Höhe des Stockes zu erreichen. Es giebt also die Zahl der Jahresringe an irgend einem Stammquerschnitte stets nur dasjenige Alter an, welches dem oberhalb des Abschnitts belegenen Teile des Stammes zukommt.

Den Betrag des Stockzuschlages für das Alter findet man genauer, wenn man in benachbarten Aufwuchspartien eine Anzahl Pflanzen am Boden und in verschiedenen Stockhöhen abschneidet und die Differenz der Jahresringe ermittelt. Überdies sind auch hierfür Tabellen aufgestellt worden, so z. B. von Schuberg, Aus deutschen Forsten I., S. 104, oder von Lorey, Ertragstafeln für die Weißtanne, II. Aufl., 1897, S. 11.

Das Abzählen der Jahresringe bietet in der Regel keine besonderen Schwierigkeiten, namentlich dann nicht, wenn sich der Herbstteil des Jahresringes durch dunklere Farbe, wie z. B. bei Kiefer, Tanne und Lärche, deutlich abhebt, oder wenn bei ringporigen Hölzern, wie Eiche, Esche u. a., die Verteilung der Poren den Verlauf der einzelnen Ringe gut erkennen läßt. In allen Fällen leistet ein vorheriges Glätten der Abschnittsfläche mit einem scharf schneidenden Instrumente, Hobel, Meißel, Baumreißer u. dergl., gute Dienste. Sind die Jahresringe sehr schmal, so ist eine Lupe zu benutzen, auch wird das Erkennen derselben etwas erleichtert, wenn man den Schnitt unter schiefem Winkel zur Stammachse geführt hat, weil sie dann breiter erscheinen. Sind die Grenzen der Jahresringe nur undeutlich zu erkennen, was bei zerstreutporigen Holzarten, namentlich auch bei der Buche öfters eintritt, so müssen Färbemittel in Anwendung gebracht werden, welche die Jahresringe dadurch deutlicher hervortreten lassen, daß das dichtere Herbstholz weniger Farbe auf-

nimmt, also heller erscheinen wird. Es kann hierzu eigentlich jeder gerade zur Hand befindliche Farbstoff verwendet werden, so z. B. verdünnte Tinte oder Berliner Blau, sehr bewährt haben sich die Lösungen von Anilinfarbstoffen. Indessen pflegt das bei sehr schmalen Ringen gewöhnlich auch nicht viel zu helfen.

Kleine Irrtümer könnten auch entstehen infolge des Auftretens von Doppel- oder Scheinringen. Während nämlich das vollständige Ausbleiben der Jahrringbildung (vielleicht in einem ganz trockenen Jahre oder in sehr hohem Alter) entschieden in Abrede zu stellen ist, muß die Möglichkeit der Bildung von zwei Holzschichten in einem Jahre zugegeben werden. Dieser Fall kann eintreten, wenn die vegetative Thätigkeit vorübergehend unterbrochen wird, nachdem die Jahrringbildung bereits weit vorgeschritten ist (Kahlfraß, abnorme Trockenheit, Spätfrost), und dann später von neuem eine Belebung des Wachstumes eintritt. Allerdings wird die Bildung von vollständig geschlossenen Doppelringen bestritten (Theodor Hartig, Rotbuche), während partielle Doppelringe, sog. Scheinringe, durchaus nicht selten sind (Erle) und u. a. auch öfters bei unterdrückten Stämmen auftreten. Man entgeht solchen Irrtümern durch sorgfältige Prüfung des Jahrringverlaufes oder durch wiederholte Abzählung an verschiedenen Radien.

Bei Schattholzarten, welche lange Zeit im Drucke weiter zu vegetieren vermögen und daher in ihrem Kerne eine oft recht große Anzahl von ganz schmalen Jahresringen aufweisen, entsteht noch die Frage, ob man als Alter der Pflanze das faktische Alter ansehen solle, also die volle Zahl, welche sich aus der Zählung der Jahresringe ergiebt, oder das sog. wirtschaftliche Alter. Unter wirtschaftlichem Alter hat man diejenige Zeit zu verstehen, welche der Baum unter normaler, d. h. den jeweiligen Wirtschaftsgrundsätzen und der Standortsgüte entsprechender und von störenden Einflüssen freier Entwickelung gebraucht haben würde, um diejenigen Dimensionen heranzubilden, welche er wirklich hat. (v. Lorey.)

Man wird in dieser Frage aber leicht zu einem Urteile kommen, wenn man sich den Zweck einer solchen Altersermittelung vor Augen hält. Nimmt man dieselbe z. B. vor, um die normale Wuchsleistung eines Standortes festzustellen, m. a. W. um eine Normalertragstafel aufzustellen, so wäre es verkehrt, dem Bestande diejenige Zeit mit in Anrechnung zu bringen, während welcher er im Drucke gestanden und die Produktionskraft des Bodens gar nicht voll ausnutzen konnte. Etwas anders schon liegt die Frage, wenn solche Altersermittelungen für Rentabilitätsrechnungen vorgenommen werden, zur Vergleichung des finanziellen Effektes zweier verschiedener Wirtschaftsmethoden, Ermittelung des besten Umtriebes und ähnlich. Auch hier erscheint es unbillig, dem jungen Bestande die volle Zeit anzurechnen, die er zuwachsarm, im Drucke

stehend verbracht hat. Doch wird man sich bei der Bestimmung des Alters nicht einfach an obige Definition halten, sondern hierbei den Umstand mit heranziehen müssen, inwieweit und wie lange der beschirmende alte Bestand die Bodenkräfte mit ausgenutzt hat. Man kommt also auch hier im Prinzipe zur Anerkennung des wirtschaftlichen Alters, nur über die Art seiner Feststellung können verschiedene Meinungen entstehen. Man wolle auch nicht übersehen, daß es sich hierbei fast immer nur um die Weißtanne, allenfalls auch einmal um Buche oder Fichte handeln wird. Für erstere Holzart giebt v. Lorey eine, nachstehend auszugsweise wiedergegebene Tabelle,*)

Durchmesser des engen Kerns mm	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
Zahl der Jahresringe	8	10	12	14	15	16	17	18	19	21	22

welche die Zahl der Jahre angiebt, die zu der von außen herein abgezählten Jahresringzahl noch hinzuzufügen sind, ohne Rücksicht darauf, wieviel Ringe der enge Kern in Wirklichkeit zählt**).

Der Haupteinwand, welchen man gegen die Benutzung des wirtschaftlichen Alters erheben kann, besteht in der Willkür, welche bei der Feststellung des Alterszuschlages unvermeidlich ist.

B. Die Altersermittelung des stehenden Baumes.

1. Mit Hilfe des Preßlerschen Zuwachsbohrers.

Eine Abzählung der Jahresringe ist am stehenden Baume ebenfalls möglich, wenn man mit Hilfe des Preßlerschen Zuwachsbohrers (s. später) einen bis zum Kern reichenden radialen Bohrspan herausbohrt, an dem sich die Jahresringe erkennen lassen. Da mit Hilfe des Tiefbohrers im weichen Holze sich Späne bis zu 15 cm erlangen lassen, so ist diese Untersuchungsmethode auf Stämme bis zu 30 cm Durchmesser anwendbar. Bei stärkeren Stämmen, bezw. auch schon bei schwächeren im harten Holze und bei Anwendung des gewöhnlichen kurzen Bohrers erreicht man das Mark nicht und muß daher die Zahl der

*) Ertragstafel der Weißtanne II. Aufl. S. 10.

**) Schon K. L. Martin hatte 1836 (der Wälder Zustand und Holzertrag) die Berechnung des wirtschaftlichen Alters empfohlen. Neuerdings ist dafür besonders v. Lorey eingetreten. Vergl. A. F. u. J. Z. 1882 S. 206, Ertragstafel für die Weißtanne 1884 S. 13 u. 1897 S. 10 u. 105. A. F. u. J. Z. 1894 S. 345. Zustimmend äußerte sich Dr. Stötzer Z. f. d. g. F. 1895 S. 122, während Schuberg wiederholt, wenn auch nicht gleich bestimmt dagegen aufgetreten ist. So F. Zbl. 1884 S. 627. A. F. u. J. Z. 1895 S. 177, ferner in „die Weißtanne bei der Erziehung in geschlossenen Beständen" 1888 S. 104. Vergl. hierzu auch die Verhandlungen d. V. D. f. V. A. 1894 in Warburg u. des Internationalen Verbandes 1896 zu Braunschweig.

Jahresringe für das fehlende Stück schätzen, was immerhin mißlich ist. Übrigens gelingt es auch, entweder infolge schiefen Bohrens oder wegen exzentrischen Wachstumes nicht immer, das Mark sofort zu treffen, sodaß dieser Art der Altersermittelung keine größere Bedeutung zukommt.

2. Durch Abzählen der Astquirle.

An unseren Nadelhölzern pflegten sich die einzelnen Jahreslängstriebe durch den Ansatz regelmäßiger Astquirle scharf abzuheben. Auch an den jüngeren Teilen einzelner Laubhölzer kann man die Längstriebe bisweilen erkennen. Diese Erscheinung läßt sich also benutzen, um an jenen das Alter festzustellen, so weit jene Astquirle vom Boden aus zu zählen oder an den unteren Stammpartien ihre Spuren (Überwallungswülste) noch zu erkennen sind. Im großen und ganzen aber läßt sich diese recht sichere Methode nur ungefähr bis zum 40. Jahre der Bäume anwenden, bei älteren wird man i. d. R. die Quirle in der Krone von unten aus nicht mehr zählen können. Ist dies doch möglich, so sind dafür am Fuße gewöhnlich die letzten Spuren der ehemaligen Astquirle verschwunden, deren Zahl dann schätzungsweise zu erheben ist.

3. Mit Hilfe der Buchführung.

In solchen Wäldern, welche sich schon seit längerer Zeit einer geordneten Wirtschaft erfreuen, pflegt das Gründungsjahr der einzelnen Bestände gewöhnlich bekannt zu sein, und daraus kann man annähernd auch das Alter der Einzelstämme entnehmen. Völlige Sicherheit besteht jedoch nicht und ganz besonders nicht in allen aus natürlicher Verjüngung hervorgegangenen Beständen, da ja hier die Entstehung der einzelnen Pflanzen über den ganzen, oft Jahrzehnte langen Verjüngungszeitraum sich verteilt. Am ersten stimmt es noch in Gebieten, in welchen ausschließlich die künstliche Verjüngung herrscht, indessen können auch hier infolge von späterer Ausbesserung oder durch Benutzung von Vorwüchsen Irrtümer unterlaufen.

4. Durch gutachtliche Schätzung.

Für einen geschulten praktischen Blick bietet das äußere Ansehen der Bäume immerhin einige verläßliche Anhaltspunkte zur Beurteilung des Alters. Vor allem ist es die absolute Höhe, die hier unter gleichzeitiger Betrachtung des durchschnittlich jährlichen Höhenwachstumes in Betracht kommt. Allerdings versagt dies Mittel im hohen Alter, wenn das Höhenwachstum auf geringe Beträge zurückzugehen pflegt oder auch ganz sistiert wird. Ja es kann sogar infolge von Zopftrocknis ein Zurückgehen der Scheitelhöhe beobachtet werden.

Nächstdem ist es die Durchmesserentwickelung, die hier, freilich stark abhängig von den Standortsverhältnissen, berücksichtigt werden muß, und daneben

die Beschaffenheit der Rinde, Borkenbildung und der ganze Habitus des Baumes überhaupt.

Am sichersten ist die Altersschätzung noch bei Bäumen unter 100 Jahren, hier wird ein geübter, d. h. mit der lokalen Entwickelung der Bäume vertrauter Schätzer selten Fehler über 10 oder 15 Jahre machen. Bei älteren Bäumen sind die Schätzungen in der Regel recht unsicher.

Zweites Kapitel.

Das Alter ganzer Bestände.

A. Bestimmung des Alters gleichalter Bestände.

Die Ermittelung des Alters gleichalter Bestände unterscheidet sich in keiner Weise von der eines einzelnen Baumes, und es können daher sämtliche soeben in Kapitel 1 besprochenen Ermittelungsverfahren zur Anwendung gelangen. Handelt es sich also um genaue Feststellungen, so wird man einige Stämme fällen lassen und die Jahresringe zählen. Gewöhnlich aber ist dies unnötig, denn es finden sich meist in jedem Bestande einige Stöcke von frischgefällten Bäumen, die man zu diesem Zwecke herbeiziehen kann. Allerdings darf man derartige Untersuchungen nie auf einen einzigen Stamm beschränken, denn selbst in solchen Beständen, die man entschieden als gleichaltrig bezeichnen kann, finden sich einzelne abweichende Individuen, die aus Vorwüchsen, Ausbesserungen oder späterem Anfluge herrühren. Zu solchen Untersuchungen wird man am besten Stämme mit mittlerer Entwickelung wählen, weil an unterständigen die Jahrringzählung schwierig werden kann, während bei den stärksten Stämmen der Verdacht vorliegt, daß sie aus älteren Vorwüchsen herrühren.

Man darf überhaupt den Begriff der Gleichaltrigkeit nicht in zu enge Grenzen einschließen, weil die soeben erwähnten Ursachen von Altersdifferenzen sehr häufig und verbreitet auftreten, und muß immer Schwankungen von 2, 3 oder auch noch mehr Jahren in den Kauf nehmen. In Wirtschaftswäldern wird übrigens meistens das Gründungsjahr bekannt sein, und das daraus sich ergebende Alter (Berücksichtigung des Alters bei der Kultur) darf dann in der Regel als gültig angenommen werden, sofern nicht erhebliche spätere Ausbesserungen die Berechnung eines durchschnittlichen Alters angezeigt erscheinen lassen.

B. Bestimmung des Alters ungleichalter Bestände.

Eine annähernde Gleichheit des Alters ist in der Regel nur bei künstlicher Verjüngung, bei natürlicher durch Samen dagegen nur ganz ausnahms-

weise (infolge von Vollmasten) vorauszusetzen. In den weitaus meisten Fällen wird man in Beständen letzterer Art auf recht erhebliche Altersunterschiede stoßen, welche uns zwingen, ein durchschnittliches Alter zu berechnen. Es wird zu erörtern sein, nach welchen Grundsätzen man hierbei zu verfahren hat.

Kaum bedarf es des Beweises, daß der einfache arithmetische Durchschnitt aus dem Alter einiger untersuchter Stämme nicht angewendet werden darf. Ja sogar der arithmetische Durchschnitt aus dem Alter sämtlicher Stämme eines Bestandes ist theoretisch zu beanstanden, übrigens auch praktisch gar nicht zu erbringen. Richtige Resultate kann nur die Aufstellung eines geometrischen Mittels ergeben und wie in so vielen ähnlichen Fällen der Holzmeßkunde wird auch hier den erzeugten Holzmengen eine maßgebende Bedeutung bei solcher Berechnung zuerkannt werden müssen, so daß man als allgemeine Richtschnur den Satz aufzustellen berechtigt ist: das mittlere Alter eines Bestandes ist dasjenige, welches ein gleichaltriger Bestand derselben Bonitätsstufe gebraucht haben würde, um dieselbe Holzmenge zu erzeugen, welche der ungleichalte Bestand wirklich aufweist.*)

Wenn nun auch mit dem Festhalten an dem wörtlichen Tenor dieser von G. Heyer formulierten, aber schon 1841 von Gümpel**) angewendeten Definition, wie wir später sehen werden, einige Unzuträglichkeiten verbunden sind, so darf doch der Grundsatz, daß die Massenentwickelung den Ausschlag gebe, unbedingt als maßgebend betrachtet werden.

Es wird sich also darum handeln, in einer geeigneten Formel die Massenanteile richtig, d. h. proportional zur Geltung zu bringen, mit welchen die einzelnen in sich gleich alten, untereinander aber verschieden alten Gruppen eines Bestandes an der Zusammensetzung des gesamten Holzgehaltes beteiligt sind. Dies kann geschehen, indem man diese Massen direkt benutzt (Massenalter), oder aber die Flächenanteile herbeizieht, welche diesen Massen entsprechen (Flächenalter), wobei sowohl an die Stammgrundfläche, wie an die anteilige geometrische Bodenfläche gedacht werden kann.

Es ergeben sich dann folgende Möglichkeiten der formelmäßigen Berechnung des mittleren Alters.***)

---

*) Vergl. G. Heyer, Uber die Ermittelung der Masse des Alters und des Zuwachses der Holzbestände, Dessau 1852, S. 81.

**) A. F. u. J. Z. 1841, S. 86.

***) Die anzuwendenden Zeichen sind die folgenden:

a = Alter eines einzelnen Baumes.

a_1 a_2 a_3 u. s. f. Alter der einzelnen Durchmesserstufen.

A = Mittleres Alter eines Bestandes.

A_v = Massenalter „ „ im Gegensatz zum einfachen mittleren Alter.

A_1 A_2 A_3 u. s. f. Mittleres Alter der einzelnen Klassen.

1. Das Formelalter.

a) Das Smalianſche Massenalter.

Die Formel des Massenalters wurde zuerſt von Smalian (Anleitung zur Unterſuchung des Waldzuſtandes, Berlin 1840, S. 33) aufgeſtellt, faſt gleichzeitig auch vom Kgl. Bayr. Revierförſter Gümpel (A. F. u. J. Z. 1841, S. 88) empfohlen, ähnlich auch von Carl Heyer (Waldertragsregelung, Gießen 1841, S. 119 und Anleitung zu forſtſtatiſchen Unterſuchungen, Gießen 1846, S. 115). Vergl. auch: H. Karl, Ausführliche Abhandlung über die Ermittelung des richtigen Holzbeſtandsalters u. ſ. w., Frankfurt a. M. 1847.

Der Holzgehalt eines Beſtandes kann gefunden werden durch Multiplikation ſeines Durchſchnittszuwachſes Θ mit ſeinem Alter A, alſo $V = A\Theta$. Hieraus ergiebt ſich umgekehrt das Alter aus der Diviſion des Inhaltes mit dem Durchſchnittszuwachs.

$$A = \frac{V}{\Theta}.$$

Kann man nun in einem Beſtande m Gruppen ihrem Alter A_1 A_2 u. ſ. f. bis A_m nach deutlich unterſcheiden und kennt man ihre Holzgehalte V_1 V_2 u. ſ. f. bis V_m, ſo erhält man daraus zunächſt deren Durchſchnittszuwachſe Θ_1 Θ_2 u. ſ. f. bis Θ_m und hieraus eine Formel für das Maſſenalter A_v, nämlich

$$A_v = \frac{V}{[\Theta]} = \frac{V_1 + V_2 + \cdots + V_m}{\frac{V_1}{A_1} + \frac{V_2}{A_2} + \cdots + \frac{V_m}{A_m}} \quad \text{. . Smalians Maſſenalter (I).}$$

Gegen die theoretiſche Richtigkeit dieſer Formel läßt ſich nichts einwenden, dagegen iſt ihre praktiſche Anwendung nicht ſo einfach und zwingt häufig zur Einſetzung geſchätzter Werte für die anteiligen Holzmaſſen V_1 V_2 u. ſ. f., ſobald man es mit einer ſtammweiſen und nicht mit einer flächenweiſen*) Altersmiſchung zu thun hat, denn dann ſtößt ſowohl die genaue Ermittelung von V_1 V_2 u. ſ. w., ebenſo aber auch die von A_1 A_2 u. ſ. w. auf ziemliche Schwierigkeiten und vollſtändig richtig kann man ſich alle dieſe Daten nur durch Fällung und Analyſe aller Stämme eines Beſtands verſchaffen. Das Verfahren läßt ſich alſo exakt nur auf kleinen Probeflächen durchführen.

Handelt es ſich um die Ermittelung des durchſchnittlichen Alters mehrerer in ſich gleichaltriger Flächen, alſo beiſpielsweiſe der einzelnen Unterabteilungen einer Abteilung, ſo läßt die Smalianſche Formel noch eine von G. Heyer**)

*) Mit der Berechnung und Verwendung eines durchſchnittlichen Alters bei deutlicher flächenweis getrennter Altersabſtufung ſollte man im allgemeinen recht ſparſam ſein, denn die Altersdifferenz iſt ein vollgültiger Grund zur Beſtandstrennung und infolgedeſſen zur ſelbſtändigen Behandlung dieſer Flächen. Für forſtſtatiſche Unterſuchungen und für die Forſtfinanzrechnung hat ein derartiges Durchſchnittsalter keine Bedeutung und auch die Waldertragsregelung kann damit nur wenig anfangen, insbeſondere ſollte ſie ihre Hiebsvorſchläge nicht auf ein ſolches nichtsſagendes Durchſchnittsalter ſtützen. Solche Durchſchnittswerte ſollten nur zur allgemeinen Orientierung verwendet werden.

**) A. a. O. S. 85.

herrührende Abänderung zu. Es ist nämlich der Holzgehalt einer Fläche gleich dem Produkt aus Alter, Durchschnittszuwachs pro Flächeneinheit und der Gesamtfläche Fl, also z. B. $V_1 = Fl_1\ A_1\ \Theta_1$. Setzt man dies ein, so erhält man

$$A_v = \frac{Fl_1\ A_1\ \Theta_1 + Fl_2\ A_2\ \Theta_2 + \cdots}{\frac{Fl_1\ A_1\ \Theta_1}{A_1} + \frac{Fl_2\ A_2\ \Theta_2}{A_2} + \cdots} \quad \text{oder}$$

$$A_v = \frac{Fl_1\ A_1\ \Theta_1 + Fl_2\ A_2\ \Theta_2 + \cdots}{Fl_1\ \Theta_1 + Fl_2\ \Theta_2 + \cdots} \quad \text{(Heyer) (II).}$$

b) Das Flächenalter.

α) Unter Benutzung der Stammgrundfläche.

In einem aus verschieden alten Baumindividuen zusammengesetzten Bestande werden sowohl die Höhen wie die Formzahlen der einzelnen Altersstufen differieren; indessen ist auf Grund der bekannten Wachstumsgesetze die Annahme zulässig, daß sich die Produkte aus beiden, also die Formhöhen h f in einer bestimmten, vom Alter abhängigen Richtung entwickeln werden, so daß man die Proportionen aufstellen kann

$$\frac{h_1\ f_1}{a_1} = \frac{h_2\ f_2}{a_2} = \frac{h_3\ f_3}{a_3} \text{ u. s. f.}$$

Es lassen sich also $h_2\ f_2$; $h_3\ f_3$ u. s. f. durch $h_1\ f_1$ ausdrücken, d. h. es ist

$$h_2\ f_2 = \frac{h_1\ f_1\ a_2}{a_1} \text{ oder } h_3\ f_3 = \frac{h_1\ f_1\ a_3}{a_1}.$$

Setzt man diese Ausdrücke in die Smalianſche Gleichung (I), in der man V_1 durch $G_1\ h_1\ f_1$ ersetzt hat, ein, so erhält man

$$A_v = \frac{G_1\ h_1\ f_1 + \frac{G_2\ h_1\ f_1\ a_2}{a_1} + \frac{G_3\ h_1\ f_1\ a_3}{a_1} + \cdots}{\frac{G_1\ h_1\ f_1}{a_1} + \frac{G_2\ h_1\ f_1\ a_2}{a_1\ a_2} + \frac{G_3\ h_1\ f_1\ a_3}{a_1\ a_3} + \cdots}$$

$$= \frac{\frac{G_1\ h_1\ f_1\ a_1 + G_2\ h_1\ f_1\ a_2 + G_3\ h_1\ f_1\ a_3 + \cdots}{a_1}}{\frac{G_1\ h_1\ f_1 + G_2\ h_1\ f_1 + G_3\ h_1\ f_1 + \cdots}{a_1}} \quad \text{oder}$$

$$A_g = \frac{G_1\ a_1 + G_2\ a_2 + G_3\ a_3 + \cdots}{G_1 + G_2 + G_3 + \cdots} \quad \text{Kreisflächenalter (III).}$$

Die Anwendung dieser Formel ist gegenüber der ursprünglichen Smalianschen etwas erleichtert, insofern man nicht die Massen der einzelnen Altersstufen zu ermitteln hat, sondern nur die Stammgrundflächen. Für die große Praxis bietet aber auch die Ermittelung von G_1 G_2 u. s. f. schwer überwindliche Schwierigkeiten.

β) Unter Benutzung der Bestandsflächen.

Setzt man bei Anwendung von Heyers Modifikation der Smalianschen Formel (II)

$$A_v = \frac{Fl_1 A_1 \Theta_1 + Fl_2 A_2 \Theta_2 + \cdots}{Fl_1 \Theta_1 + Fl_1 \Theta_2 + \cdots}$$

voraus, daß die Durchschnittszuwachse Θ der verschiedenen Altersabstufungen gleich seien, was übrigens in Wirklichkeit nicht so leicht zutreffen wird, so lassen sich die Θ im Zähler und Nenner streichen und man erhält eine bereits 1841 von Gümbel*) angegebene Formel für ein Bestandsflächenalter A_{Fl}

$$A_{Fl} = \frac{Fl_1 A_1 + Fl_2 A_2 + Fl_3 A_3 + \cdots}{Fl_1 + Fl_2 + F_3 + \cdots} \quad \text{(Gümbel) (IV).}$$

Die Voraussetzung, unter welcher die Formel noch theoretisch richtig arbeitet, wird, wie bemerkt, nur selten vorliegen. Es bietet aber die Benutzung der Bestandsflächenanteile, welche dem taxatorischen Urteile leicht offen liegen, dem Praktiker so große Vorteile, daß die Gümbelsche Formel sehr gern angewendet wird.

Beispiel. Würde man z. B. von einem Bestande auf irgend einem Wege (in der Regel wird man sich mit einer sorgfältigen Schätzung begnügen) ermittelt haben, daß 20% der Fläche von 50jährigem, 78% von 40jährigem Holze und 2% von 130jährigen Überhaltern bestockt seien, so ergäbe sich ein durchschnittliches Flächenalter

$$A_{Fl} = \frac{20 \cdot 50 + 78 \cdot 40 + 2 \cdot 130}{20 + 78 + 2} = \frac{4380}{100} = 43{,}8 \text{ Jahre.}$$

2. Das Probestammalter.

Daß man das Durchschnittsalter eines Bestandes nicht einfach aus dem Alter einiger willkürlich ausgesuchter Probestämme berechnen dürfe, wurde bereits erwähnt. Angesichts der Schwierigkeiten aber, welche die formelmäßige Berechnung desselben namentlich bei stammweisen Altersdifferenzen bietet, empfindet die forstliche Praxis das Bedürfnis nach einer vereinfachten Methode der Altersdurchschnittsberechnung. Als eine solche kann die Benutzung des Alters von Probestämmen, die nach ganz bestimmten Rücksichten auszusuchen wären, in Frage kommen. Es ist also zu untersuchen, ob und unter welchen

*) A. F. u. J. Z. 1841, S. 88.

Bedingungen das mittlere Alter der Probeſtämme das Maſſenalter eines Beſtandes genau wiedergiebt.

Wir hatten in Gl. III (Kreisflächenalter) gefunden, daß das Maſſenalter repräſentiert wird in dem Ausdrucke

$$A_v = A_g = \frac{G_1 a_1 + G_2 a_2 + G_3 a_3 + \cdots + G_m a_m}{G_1 + G_2 + G_3 + \cdots + G_m} \quad . \quad . \quad (III)$$

unter der einzigen Bedingung, daß die Formhöhen der einzelnen Altersgruppen in einem konſtanten Verhältniſſe zu ihrem Alter ſtehen müſſen. Machen wir nun noch die weitere Vorausſetzung, daß die Kreisflächen G_1 G_2 u. ſ. w. untereinander gleich, d. h. $= \frac{G}{m}$ ſeien, ſo verändert ſich die Gleichung in den vereinfachten Ausdruck

$$A_v = \frac{G}{m} \cdot \frac{(a_1 + a_2 + \cdots + a_m)}{G} = \frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_m}{m} \text{ (Probeſtammalter).}$$

Das heißt: Bildet man Stammgruppen gleicher Kreisfläche (Hartigſche Methode) und zeigen ſich innerhalb der einzelnen Gruppen gar keine oder nur unweſentliche Altersſchwankungen, ſo erhält man das durchſchnittliche Alter des Beſtands in dem arithmetiſchen Durchſchnittsalter der Probeſtämme, ſofern nur dieſe noch in jeder Gruppe in gleicher Anzahl zur Benutzung gelangen.

Für anders gebildete Klaſſen giebt das Probeſtammalter das mittlere Beſtandsalter nur ungenau an und es hat deswegen der V. d. f. V. A., welcher urſprünglich das Beſtandsalter aus dem Probeſtammalter der Urichſchen Klaſſen berechnete, nachträglich wieder für ſehr ungleiche Beſtände die formelmäßige Berechnung vorgeſchrieben,*) welche im Prinzipe als die allein richtige anzuerkennen iſt. In der Wirklichkeit pflegen aber — abgeſehen von Beſtänden mit ganz abnorm großen Altersunregelmäßigkeiten — meiſtens die nach beiden Verfahren ermittelten Alter nur um wenige Jahre zu differieren,**) ſo daß die Praxis mit Recht das Probeſtammalter benutzen kann. Übrigens hat auch Baur in ſeinen Buchen- und Fichtentafeln das Probeſtammalter benutzt.

*) v. Ganghofer, Das forſtl. Verſuchsweſen. Augsburg 1881. Bd. I, S. 394. Arbeitsplan XIV für die Aufſtellung von Holzertragstafeln. Die urſprüngliche Beſtimmung des § 13 b. „Ermittelung des mittleren Beſtandsalters aus dem arithmetiſchen Mittel des Alters der (Urichſchen) Probeſtämme“ wurde 1879 auf Antrag von Obf.-Rat Schuberg ergänzt durch den Zuſatz: „ſoferne nicht die Ungleichaltrigkeit des Beſtandes die Berechnung aus dem Quotienten: — Beſtandsmaſſe, geteilt durch die Summe der Durchſchnittszuwachſe der Stammklaſſen — erfordert.“

**) Vergl. Kunze, Suppl. z. Th. f. J. III, 1883, S. 18, der an 82 Fichtenbeſtänden in 48 Fällen keine, in 30 Fällen eine einjährige und im Maximum in einem Falle 3 Jahre Differenz erhielt (aber in faſt ausſchließlich künſtlich verjüngten Flächen!), desgl. Loren, Ertragstafeln für die Weißtanne, I. Aufl. 1884, S. 86, welche beide Autoren trotzdem neuerdings aus prinzipiellen Gründen für das Maſſenalter eingetreten ſind.

3. Das Ertragstafelalter.

Ist man im Besitze einer Ertragstafel, von der man voraussetzen kann, daß sie den Wuchsverhältnissen des nach seinem Alter zu untersuchenden Bestandes genau entspricht, so wäre man in der Lage, auf Grund der Definition des Durchschnittsalters als Massenalter, das letztere unmittelbar aus der Tafel nach vorheriger Bestandsmassenermittelung abzulesen, indem man einfach in der Tafel dasjenige Jahr aufsucht, welches den bei der Bestandsaufnahme gefundenen Holzgehalt aufweist. Leider läßt dies Verfahren aber nur eine beschränkte Anwendung zu, denn die Feststellung der Bestandsbonität, d. h. Prüfung des Vorhandenseins jener Voraussetzung, läßt sich in der Regel nur unter Kenntnis der Masse und des Alters, das man gerade sucht, vornehmen. Es enthält also das Verfahren einen Zirkelschluß. Nur wenn die Bonität mit Hilfe eines unabhängigen Faktors, beispielsweise nach Baurs Vorschlag, unter Benutzung der Bestandshöhe bestimmt werden kann, erscheint das Verfahren bei normalen Beständen anwendbar.

4. Das relative Älterwerden der Bestände.

Bei wiederholten Altersbestimmungen sehr ungleichaltriger Bestände zeigt es sich häufig, daß die gefundene Zunahme des Alters nicht mit der inzwischen verlaufenen Zahl der Jahre übereinstimmt. Die Ursache hierfür ist zum Teil in der Unvollkommenheit des Ermittelungsverfahrens selbst zu suchen, zum Teil aber auch zurückzuführen auf einen Umstand, welcher konstant eintritt und die Tendenz hat, das Alter früheren Aufnahmen gegenüber zu erhöhen. Man nennt diese letztere Erscheinung das relative Älterwerden der Bestände. Sie ist begründet in dem fortdauernden Ausscheiden einzelner Stämme aus dem Bestande, ein Geschick, welches in der Hauptsache die schwächeren, d. h. in der Regel auch jüngeren Bestandselemente treffen wird, gleichgültig, ob diese Stammverminderung durch den natürlichen Ausscheidungsprozeß im Kampfe ums Dasein oder durch einen künstlichen Eingriff in die Bestandsentwickelung, die Durchforstung, veranlaßt wird.

Dieser konstante Fehler wird zwar bisweilen durch einen zufälligen, der im Ermittelungsverfahren oder in einer zufälligen unglücklichen Auswahl der Probestämme zu suchen ist, verdeckt oder sogar in einen entgegengesetzten verwandelt, so daß man das relative Älterwerden nicht als gesetzmäßige Regel aufstellen kann; immerhin aber tritt der Fall recht häufig ein. Prof. Speidel fand z. B., daß von natürlich verjüngten württembergischen Fichtenbeständen nach 13 Jahren 47 % relativ älter und 40 % relativ jünger erschienen, während nur 13 % genau stimmten.*)

*) A. F. u. J. Z. 1888, 228.

Es muß also nach einem Mittel gesucht werden, diesem Fehler aus dem Wege zu gehen, und dieses Mittel ist in einer anderen Definition des Begriffs Bestandsalter gegeben.

Zunächst erscheint die Notwendigkeit wiederholter Altersaufnahmen angezeigt, von denen man jeweils der neuesten das größere Gewicht einräumen muß. Setzt man dies Verfahren aber fort, so bleibt als letzte, maßgebendste Altersbestimmung diejenige übrig, welche in dem inzwischen haubar gewordenen Bestande erfolgt. Schon Wimmenauer*) empfahl deswegen 1880, bei der Altersbestimmung nur den Haubarkeitsbestand zu berücksichtigen, d. h. in jüngeren Beständen nur diejenigen Stämme, welche voraussichtlich bis zur Haubarkeit erhalten bleiben, und im Zusammenhange damit schlug er später**) folgende veränderte Definition des mittleren Bestandsalters vor:

„Als mittleres Alter eines ungleichaltrigen Bestandes ist diejenige Zeit „anzusehen, welche ein gleichaltriger Bestand seither gebraucht haben würde, „um weiterhin nach Verlauf eines bestimmten Zeitraumes den nämlichen „Haubarkeitsertrag zu liefern, wie der ungleichaltrige Bestand."

Die Zulässigkeit einer solchen Methode der Bestandsaltersbestimmung ist aber an den Beweis geknüpft, daß man im jüngeren Bestande diejenigen Stammindividuen, welche den dereinstigen Abtriebsbestand bilden werden, auch mit einiger Sicherheit erkennen und daß man weiterhin voraussehen kann, daß diese Stämme während des ganzen Bestandslebens immer vorherrschend verbleiben, mit anderen Worten, daß nicht ein Umsetzen wahrscheinlich ist. Unter Umsetzen versteht man also die Erscheinung, daß ein Stamm den anderen im Wachstum überholt, so daß der heute stärkere früher der schwächere gewesen ist.

Im allgemeinen läßt sich auf Grund unserer heutigen Erfahrungen sagen, daß bei den gegenwärtigen Bewirtschaftungssystemen das Umsetzen zwar stattfindet, aber nur in der Minderzahl der Fälle und namentlich in jüngeren Beständen. v. Lorey fand z. B.***) bei Fichte nur an ca. 20 % der Stämme in allen Altersklassen diese Erscheinung auftreten, dabei fast immer nur an solchen Stämmen, deren Durchmesser früher schon nicht weit auseinander gelegen hatten, so daß er den Satz aussprechen durfte: Ältere Bestände und in diesen die 600 stärksten Stämme werden bei Fichte nicht oft vom Umsetzen betroffen. Er schlug daher in Übereinstimmung mit anderen vor,†) zur Altersbestimmung immer nur die 500 stärksten Stämme heranzuziehen,

*) A. F. u. J. Z. 1880, S. 5. Ähnlich Dr. Nördlinger, A. F. u. J. Z. 1886, S. 301.

**) A. F. u. J. Z. 1890, S. 277.

***) A. F. u. J. Z. 1892, S. 217.

†) A. F. u. J. Z. 1894, S. 345, ebenso auf der Warburger Vers. des V. d. f. V. A. 1894 und auf der Braunschweiger Vers. d. Internat. Verbandes der f. V. St. 1896.

und hierbei möglichst viele Probestämme zu benutzen. Die Frage ist zur Zeit noch nicht entschieden.

Aber wenn auch durch Annahme des letztgenannten Vorschlages eine Ursache für die Differenzen wiederholter Altersaufnahmen beseitigt würde, so bleiben die zufälligen Ursachen doch bestehen und man muß trotzdem nach einem einheitlichen Wege suchen, dieselben auszugleichen. Je mehr man nun geneigt ist, bei allen solchen Ermittelungen auf den Abtriebsbestand hinzuzielen, desto mehr muß man, wie bemerkt, mit Lorey auch bereit sein, im allgemeinen die, unter Kenntnis früherer Resultate sorgfältig ausgeführte, neueste Aufnahme allein gelten zu lassen und frühere dementsprechend abzuändern. Andere Autoren glaubten dagegen, sämtliche Aufnahmen berücksichtigen zu sollen, und so wollte Schuberg z. B. alle Altersbestimmungen auf einen Zeitpunkt reduzieren und dann das arithmetische Mittel nehmen.

Die Ermittelung des Zuwachses.

Allgemeine Vorbemerkungen.

Lebhafter als bei den vorausgegangenen Kapiteln tritt bei der Besprechung der Lehre vom Holzzuwachse die Versuchung auf, das streng abgegrenzte Feld der eigentlichen Holzmeßkunde zu verlassen und allzuweit hinüberzuschweifen in das Gebiet der forstlichen Ertragskunde. Hierzu könnte nicht nur die Eigenart des Gegenstandes an sich, sondern vor allem das zur Verfügung stehende Zahlenmaterial verlocken, welches bereits heute in umfangreichem Maße vorhanden ist. Läuft doch die hauptsächlichste Thätigkeit des modernen forstlichen Versuchswesens auf nichts anderes hinaus, als auf die Erforschung der Zuwachsgesetze des Waldes! Dem gegenüber darf an dieser Stelle, wie es bereits Eingangs geschehen, noch einmal hervorgehoben werden, wie die Aufgabe der eigentlichen Holzmeßkunde in dieser Beziehung keine andere sein kann, als nur die Wege und Methoden zur Erforschung der Holzzuwachsgesetze anzugeben und wie die Darstellung des Zuwachsganges selbst erst in zweiter Linie zur näheren Beleuchtung des Gesagten herangezogen werden darf.

Begriff und Arten des Zuwachses.

Unter Zuwachs versteht man, vom Standpunkte der Holzmeßkunde aus betrachtet, ganz allgemein die durch das natürliche Wachstum bedingte Zunahme der einzelnen Dimensionen und damit auch des Inhaltes eines oder mehrerer Bäume. Man kann deswegen von einem Höhen-, Durchmesser-, Querflächen-, Form- und Massenzuwachs sprechen.

Die forstliche Statik und die Waldwertrechnung haben außer diesem Quantitätszuwachse auch noch die Zunahme des Holzes an Qualität, das heißt also den Wertszuwachs in Berücksichtigung zu ziehen.

Diejenige Zuwachsgröße, welche innerhalb des gerade zur Untersuchung stehenden Zeitraumes entsteht, nennt man den laufenden Zuwachs. Diesem gegenüber steht der durchschnittliche Zuwachs, welcher sich als Jahresdurchschnitt aus einer längeren Periode ergiebt. Der erstere weist infolge der natürlichen Wachstumsbedingungen einen von Jahr zu Jahr veränderlichen Betrag auf, während der durchschnittliche Zuwachs innerhalb des zur Berechnung benutzten Zeitraumes eine konstante Größe darstellt.

Je nach den Zeiträumen, für welche der Zuwachs beobachtet wird, kann man des weiteren unterscheiden:

I. Laufender Zuwachs.
   1. Jährlicher oder laufend jährlicher Zuwachs: die Zuwachsgröße, welche in einem einzelnen, bestimmten Jahre entsteht.
   2. Periodischer Zuwachs: die innerhalb eines längeren, bestimmten Zeitraumes, einer Periode, z. B. vom 50. bis 60. Jahre hervorgebrachte Zuwachsmenge.
   3. Gesamtzuwachs (Gesamtalters-, totaler oder summarischer Zuwachs): die von der Begründung bis zu dem Augenblick der Untersuchung insgesamt entstandene Zuwachsgröße.

II. Durchschnittlicher Zuwachs.
   1. Periodischer Durchschnittszuwachs: das ist derjenige Zuwachs, welcher sich als mittlerer Jahreszuwachs in einer bestimmten Lebensperiode ergiebt.
   2. Gemeinjähriger Durchschnittszuwachs: das ist der Zuwachsbetrag, welcher sich ergiebt, wenn man den Gesamtalterszuwachs durch das Alter dividiert. In dem Specialfalle, daß man den jährlich durchschnittlichen Zuwachs vom Entstehen bis zur Aberntung eines Baumes oder Bestandes ermittelt, redet man vom Haubarkeitsdurchschnittszuwachs.

Es ist natürlich auch denkbar, den durchschnittlichen Zuwachs nicht für ein Jahr, sondern für mehrere Jahre, also für eine kürzere Periode als Durchschnitt aus einer längeren zu berechnen. Des weiteren pflegt man den jährlich laufenden Zuwachs, der leichteren Messung wegen, in der Regel als Durchschnitt aus einer kürzeren, etwa 5 oder 10jährigen Periode zu berechnen.

Beispiel. Wenn beispielsweise ein Waldbestand folgende Inhalte aufweisen würde:

	im Jahre	50	51	60	100	
	die Gesamtmasse	408	423	535	885	fm

so wäre I 1. der laufende Zuwachs im 50. Jahre . . . . . 423−408 = 15 fm
2. „ periodische „ vom 50.—60. Jahre . . . . 535−408 = 127 „
3. „ Gesamt- „ bis zum 60. „ . . . . . = 535 „

II 1. „ periodische Durchschnittszuwachs im 5. Jahrzehnt . $\frac{535-408}{10}$ = 12,7 „
2. „ jährliche „ bis zum 60. Jahre $\frac{535}{60}$ = 8,9 „
3. „ Haubarkeitsdurchschnittszuwachs im 100. Jahre . . $\frac{885}{100}$ = 8,85 „

Bedeutung.

Das Entstehen und die Fortexistenz des Waldes beruht auf der Thatsache des Zuwachses. Es ist daher schon von hervorragendem allgemeinen Interesse, die Faktoren des Zuwachses erkennen, die Gesetze seines Entstehens und Werdens erforschen zu können. Aber neben dieser wissenschaftlichen Seite spielt die praktische Bedeutung der Ermittelung des Holzzuwachses noch eine viel wichtigere Rolle. Denn die Aufgabe der forstlichen Thätigkeit ist es nicht nur, den Wald als solchen fortzuerhalten, sondern in viel höherem Maße, ihn wirtschaftlich auszunutzen, ihm den höchstmöglichen Ertrag abzuringen und denselben nachhaltig zu sichern. Alles das ist aber ohne genaue Kenntnis der Zuwachslehre nicht möglich. So ist, um nur ein Beispiel anzuführen, eine rationelle Forsteinrichtung ohne Berücksichtigung des bereits erfolgten wie des in Zukunft entstehenden Zuwachses nicht denkbar, die Bonitierung des Waldes, seine Wertsberechnung ohne seine Kenntnis nicht ausführbar.

Trotz dieser hervorragenden Wichtigkeit einer genauen Kenntnis der Zuwachsgrößen ist unser Wissen auf diesem Gebiete noch ziemlich eingeschränkt, denn wir stoßen bei der Ermittelung des Zuwachses zum Teil auf beträchtliche Schwierigkeiten. Am einzelnen Baume lassen sich wohl die einzelnen Komponenten des Massenzuwachses, nämlich die Zunahme an Durchmesser, Höhe und Form mit genügender Schärfe feststellen, am Bestande kann man höchstens der Zunahme an Höhe und Durchmesser genau nachkommen, die Formveränderungen entziehen sich fast ganz der Beobachtung, und so muß auch der ermittelte Massenzuwachs eines Bestandes mit denselben Fehlern behaftet sein, welchen die Bestandsaufnahme selbst nicht entgehen kann. Handelt es sich nun vollends um die Ermittelung des künftigen Zuwachses, so sind wir bei Baum und Bestand lediglich auf den Weg der Schlußfolgerung, der Schätzung nach anderen ähnlichen Verhältnissen angewiesen.

Die Beziehungen zwischen dem laufenden und dem durchschnittlichen Zuwachse.

Die einfache Anschauung zeigt uns am einzelnen Baume ebenso wie am ganzen Bestande, daß der laufende Jahreszuwachs in der Jugend nur ein geringer ist, aber im Laufe der Zeit zu größeren Beträgen ansteigt, um dann schließlich im höheren Alter mit der Abnahme der Lebenskraft der Pflanze wieder zu sinken. Er stellt also eine regelmäßig und ganz typisch sich entwickelnde Größe dar, mag dieselbe auch in ihrem absoluten Betrage je nach Holzart und -Alter, nach Bodengüte und Waldbehandlung große Verschiedenheiten aufweisen.

Infolgedessen müssen aber auch die aus jenem berechneten durchschnittlichen Zuwachsbeträge für die einzelnen Zeiträume eine analoge Aufeinanderfolge aufweisen, nur mit dem Unterschiede, daß die Entwickelung dieser Reihe, wie die aller Durchschnittswerte, eine mehr ausgeglichene sein wird, und daß einmal ein Zeitpunkt eintreten muß, in welchem der durchschnittliche Zuwachs dem Betrag des laufenden gleichkommt. Von Interesse und praktischer Bedeutung ist hierbei noch vor allem die Frage, wann der durchschnittliche Zuwachs kulminiert, d. h. seinen höchsten Betrag erreicht. Denn eine nach der höchsten Holzmassenproduktion eingerichtete Forstwirtschaft müßte diesen Zeitpunkt zum Abtriebe der Bestände benutzen, und auch für andere Wirtschaftsprinzipien ist derselbe nicht gleichgültig.

Alle diese gegenseitigen Beziehungen lassen sich in kurzen Worten in dem nachfolgenden Satze ausdrücken:

Der Betrag des durchschnittlichen Zuwachses am Baume wie am Bestande ist im Zeitpunkte seiner Kulmination gleich dem laufenden Zuwachse, vorher kleiner, nachher größer als letzterer.

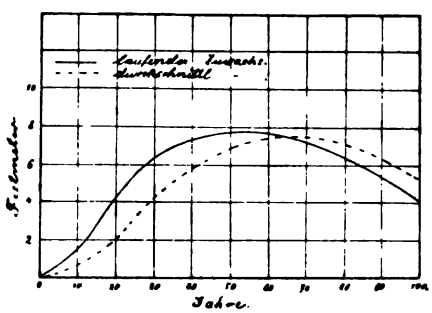


Fig. 112.

Diese Verhältnisse, welche zur größeren Deutlichkeit in der beistehenden Fig. 112 schematisch dargestellt sind, können am einfachsten mittels der von G. Heyer*) gegebenen Argumentation bewiesen werden:

Unterscheidet man die Zuwachsgrößen der einzelnen Jahre von 1 bis

*) K. Heyer, Waldertragsregelung. 3. Aufl. von Dr. G. Heyer, Leipzig 1883, S. 24.

$n+1$ entsprechend der unten*) wiedergegebenen Schreibweise mit unteren Indizes, so ist der laufende Zuwachs des Jahres $n+1$

$$z_{n+1} = \vartheta_{n+1} \cdot (n+1) - \vartheta_n \cdot n; \text{ oder}$$
$$z_{n+1} = \vartheta_{n+1} \cdot n + \vartheta_{n+1} - \vartheta_n \cdot n; \text{ oder}$$
$$z_{n+1} - \vartheta_{n+1} = n \cdot (\vartheta_{n+1} - \vartheta_n). \text{ Hieraus folgt:}$$
$$\text{Wenn } \vartheta_{n+1} \gtrless \vartheta_n, \text{ so ist auch } z_{n+1} \gtrless \vartheta_{n+1}.$$

In Worten: So lange der Durchschnittszuwachs des folgenden Jahres $(n+1)$ noch größer (oder kleiner) ist als der des vorhergehenden (n), ebenso lange muß sich der laufende Zuwachs z_{n+1} noch über (bezw. unter) dem durchschnittlichen desselben Jahres bewegen.

In etwas anderer Weise läßt sich der Satz auch noch nach Jäger**) beweisen. Es ist nämlich

am Ende des Jahres bezw. im Jahre	der Holzgehalt eines Baumes am Ende des Jahres	der Durchschnittszuwachs im Jahre
1	z_1	$\vartheta_1 = \frac{1}{1} z_1$
2	$z_1 + z_2$	$\vartheta_2 = \frac{1}{2}(z_1 + z_2)$
3	$z_1 + z_2 + z_3$	$\vartheta_3 = \frac{1}{3}(z_1 + z_2 + z_3)$
⋮	⋮	⋮
n	$z_1 + z_2 + z_3 + \cdots + z_n$	$\vartheta_n = \frac{1}{n}(z_1 + z_2 + z_3 + \cdots + z_n)$

*) Der laufende Zuwachs wird mit z, der durchschnittliche mit ϑ bezeichnet. Es sind daher entsprechend der bisher befolgten Schreibweise folgende Bezeichnungen anzuwenden:

	beim laufenden	beim durchschnittl. Zuw.
für einen einzelnen Baum oder allgemein	z	ϑ
„ die einzelnen Durchmesserstufen	z_1 z_2 z_3 ⋯	ϑ_1 ϑ_2 ϑ_3 ⋯
„ „ „ „ Klassen	Z_1 Z_2 Z_3 ⋯	Θ_1 Θ_2 Θ_3 ⋯
„ den ganzen Bestand	Z	Θ

Der periodische laufende und durchschnittliche Zuwachs wird durch eingeklammerte untere Indizes, welche die Länge der Zuwachsperiode ausdrücken, dargestellt, z. B.:

$$z_{(20)} \quad z_{1(20)} \quad Z_{1(20)} \quad Z_{(20)}$$
$$\vartheta_{(20)} \quad \vartheta_{1(20)} \quad \Theta_{1(20)} \quad \Theta_{(20)}$$

Zur Bezeichnung der Zuwachsprozente dient der Buchstabe p, welcher durch untere Indizes, die den bei der Inhaltsberechnung der Bäume und Bestände benutzten genau entsprechen müssen, weiter kenntlich gemacht wird, z. B. p_g Flächenzuwachsprozent, p_{vd} Volumzuwachsprozent des Derbholzes. (Th. f. F. 1898, S. 198. Z. f. F. u. J. 1898, S. 233.)

**) A. F. u. J. Z. 1841, S. 177.

Wenn nun der jährlich laufende Zuwachs bis zum Jahre n steigt und hier sein Maximum erreicht, so muß gelten:

$$z_n > z_1;\ z_n > z_2;\ z_n > z_3 \text{ u. s. f. bis } z_n = z_n$$

oder, wenn man diese Ungleichungen addiert:

$$n z_n > z_1 + z_2 + z_3 + \cdots + z_n$$

oder auch

$$z_n > \frac{1}{n}(z_1 + z_2 + z_3 + \cdots z_n).$$

Die rechte Seite der letzten Ungleichung ist aber $= \vartheta_n$, so daß gilt

$$z_n > \vartheta_n.$$

In Worten: Der laufende Zuwachs ist bis zu seiner Kulmination immer größer als der durchschnittliche.

Für das Jahr $n+1$ lassen sich die Holzmassen ausdrücken in der Form

$$(n+1)\,\vartheta_{n+1} = n\vartheta_n + z_{n+1}$$

oder

$$\vartheta_n = \frac{1}{n}[(n+1)\,\vartheta_{n+1} - z_{n+1}]$$

oder etwas umgeformt

$$\vartheta_{n+1} = \vartheta_n - \frac{1}{n}(\vartheta_{n+1} - z_{n+1}).$$

Wenn nun, wie vorausgesetzt, der laufende Zuwachs vom Jahre n an fällt, aber immer noch sich über dem durchschnittlichen hält, so ist $\vartheta_{n+1} - z_{n+1}$ negativ und der Summand $\left[-\frac{1}{n}(\vartheta_{n+1} - z_{n+1})\right]$ also positiv, so daß unter dieser Voraussetzung

$$\vartheta_{n+1} > \vartheta_n$$

sein muß, d. h. der Durchschnittszuwachs ist immer noch im Steigen begriffen.

Fällt nun aber der laufende Zuwachs weiter, so daß er schließlich kleiner als der durchschnittliche wird, so bekommt der Summand $\left[-\frac{1}{n}(\vartheta_{n+1} - z_{n+1})\right]$ einen negativen Wert und es gilt jetzt

$$\vartheta_{n+1} < \vartheta_n,$$

d. h.: auch der Durchschnittszuwachs beginnt jetzt zu sinken.

Der Übergang von dem aufsteigenden Aste des Durchschnittszuwachses in den fallenden Teil muß offenbar in dem Augenblicke eintreten, in welchem der durchschnittliche Zuwachs gleich dem laufenden wird, denn dann ist jener Summand = 0 und

$$\vartheta_{n+1} = \vartheta_n,$$

d. h. der Durchschnittszuwachs kulminiert in dem Augenblick, in welchem er mit dem laufenden zusammenfällt.

Anmerkung. Andere Beweise sind von Lehr in der A. F. u. J. Z. 1870, S. 482, von Heyer, Forstliche Statik, 1. Abt., S. 126, und von Dienger (Archiv für Mathematik und Physik von Grunert, 41. Bd., S. 191) gegeben worden.

Erstes Kapitel.

Zuwachsermittelung am Einzelstamme.

A. Der absolute Betrag des Zuwachses.

1. Die Ermittelung des Höhenzuwachses.

Am stehenden Stamme kann der Höhenzuwachs nur insoweit ermittelt werden, als die einzelnen Höhetriebe vom Boden aus unterschieden werden können. Das ist am ersten noch bei den Nadelhölzern der Fall, welche deutliche Astquirle zu bilden pflegen. Man hat zu dem Zwecke nur die Gesamthöhe des Baumes mittels eines geeigneten Höhenmessers zu bestimmen, die betreffende Zahl von n Astquirlen von oben her abzuzählen und die damalige Höhe ebenfalls zu messen. Die Differenz beider Höhen ergiebt den periodischen Höhenzuwachs für die n Jahre.

In den weitaus meisten Fällen hat man es mit Höhenzuwachsermittelungen am liegenden Stamme zu thun. Die Aufgaben, um welche es sich hierbei handelt, sind dabei entweder: die Höhe des Baumes in einem bestimmten Jahre festzustellen, oder aber seine Höhenentwickelung während seines ganzen Lebens darzustellen.

Im ersteren Falle wird man zunächst in der bekannten Weise das Alter des fraglichen Stammes ermitteln und nun ebenfalls durch Abzählen der entsprechenden Zahl von Astquirlen oder Astwulsten den Punkt zu bestimmen suchen, wo sich die Spitze des Baumes in dem fraglichen Jahre befand. Seine Entfernung vom unteren Abschnitte bezw. vom Boden giebt dann einfach die gesuchte Höhe.

Sind aber die Spuren der Aſtquirle nicht mehr ſichtbar, ſo bleibt nichts übrig, als an der Stelle, wo man den zu ſuchenden Höhenpunkt vermutet, den Baum zu durchſchneiden und die Jahresringe an dieſer Stelle zu zählen. Deren Anzahl giebt bekanntlich immer die Zahl der Jahre an, welche der Baum gebraucht hat, um von jener Stelle bis zu ſeiner gegenwärtigen Länge zu erwachſen. Findet man nun gerade ſoviel Jahresringe, als man Jahre zurückzurechnen hat, ſo hat man die richtige Stelle gefunden, wenn nicht, ſo iſt der Baum weiter oben oder unten bis zum Erfolge von neuem zu durchſägen.

Man kann hierbei, da man den Längstrieb eines Jahres bald an ſeinem unteren, bald mehr nach dem oberen Ende zu durchſchneiden wird, einen Fehler begehen, welcher beinahe den vollen Betrag eines Längstriebes, alſo unter Umſtänden eine Strecke von beinahe 1 m erreichen kann. Will man, was übrigens nicht immer durchaus notwendig iſt, dieſem entgehen, ſo wird man die Schnitte möglichſt dicht über den Aſtquirlen, ſoweit dieſe ſichtbar ſind, führen, oder aber, nachdem man die richtige Stelle gefunden zu haben meint, durch einige weitere, innerhalb der vermuteten Länge des Jahrestriebes zu führende Schnitte ſich von der Richtigkeit ſeiner Annahme überzeugen müſſen.

Steht man vor der zweiten Aufgabe: der Darſtellung des ganzen Höhenzuwachsganges, d. h. einer *Höhenanalyſe*, ſo iſt wie folgt zu verfahren. Bei jüngeren Nadelhölzern genügt wiederum die Beobachtung der Aſtquirle, bei älteren aber und bei Laubhölzern muß man in Abſtänden von etwa 2 m Querſchnitte führen und jeweils die Jahresringe zählen. Ihre Anzahl entſpricht, wie ſchon bemerkt, der Zahl der oberhalb befindlichen Jahrestriebe. Die Subtraktion derſelben vom Geſamtalter ergiebt ſomit das Alter des Stammes, in welchem er bis zur Höhe des betreffenden Querſchnittes erwachſen war. Zeigt alſo z. B. ein 80 Jahre alter und 19 m hoher Baum in ſeiner Stammmitte 45 Jahringe, ſo hat er $80 - 45 = 35$ Jahre gebraucht, um 9,5 m hoch zu werden. Auf dieſe Weiſe werden für eine größere Zahl von Jahren die zugehörigen Höhen ermittelt, überſichtlich zuſammengeſtellt und daraus auf dem Wege rechneriſcher, noch beſſer aber graphiſcher Interpolation der Höhenzuwachs für 5 oder 10jährige Perioden feſtgeſtellt. Bei Bäumen mit geringem Höhenwuchſe wird man hierbei die Querſchnitte etwas näher aneinander legen, in den Regionen raſchen Wuchſes dagegen entfernter voneinander anbringen, um ſtets eine entſprechende Zahl von Höhentrieben zwiſchen dieſelben einſchließen zu können. Wird jedoch eine ſolche Höhenanalyſe in Verbindung mit anderen Unterſuchungen (über Stärken- und Maſſenzuwachs) vorgenommen, ſo iſt es von Vorteil, wenn die Querſchnitte die Mittenflächen zweimetriger Sektionen darſtellen; man wird den Stamm alſo bei 1, 3, 5 m u. ſ. f. zerſchneiden und die Reſultate der Meſſung etwa in folgender Weiſe zur Darſtellung bringen:

Beispiel einer Höhenanalyse.

Forstamt Kandern. Vers. Fläche 18. Fichte. Stamm Nr. V.

Höhe des Querschnitts	0 (Stock)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	18	Meter
Jahrringzahl des Querschnitts	47	38	35	32	26	21	16	12	8	3	0	
Die Höhe des Querschnitts wurde erreicht mit	0	9	12	15	21	26	31	35	39	45	47	Jahre
Durchschnittlicher Zuwachs in der Periode	0,11	0,67	0,67	0,33	0,40	0,40	0,50	0,50	0,33	0,50		Meter

Der Stamm erreichte im	0.	10.	20.	30.	(37.)	40.	47.	Jahre
die Höhe von	0	1,4	6,7	10,6	(14,0)	15,4	18,0	Metern.
Jährlicher Höhenzuwachs in der Periode	0,14	0,53	0,39	0,48		0,37		Meter.

Im obigen Beispiel ist angenommen worden, daß der Abhieb dicht am Boden erfolgt, ein besonderer Zuschlag also weder beim Alter noch bei der Höhe für den Stockanteil zu machen sei. Macht jedoch eine größere Stockhöhe einen derartigen Zuschlag nötig, so ergiebt sich die geringe Veränderung der Rechnung von allein. Die Berechnung der Höhen für ein bestimmtes Jahr, z. B. das 30. erfolgt rechnerisch mit Hilfe des periodischen Durchschnittszuwachses. Vom 26.—31. Jahre hat die Baumlänge um 2 m, jährlich somit um 0,40 m zugenommen. Im 31. Jahre hatte er 11 m Länge, im 30. also 11,0 — 0,40 = 10,6 m.

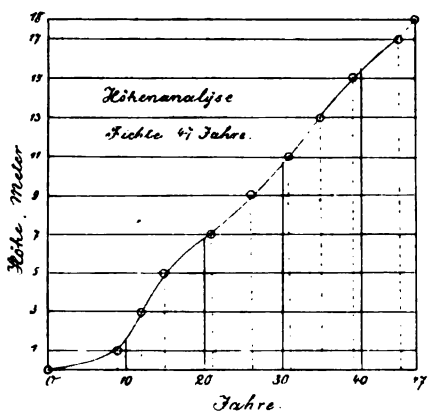


Fig. 113.

Bequemer ist übrigens die Interpolation auf graphischem Wege. Man trägt, wie Fig. 113 zeigt, die gefundenen Höhen als Ordinaten für die entsprechenden Jahre als Abscissen auf Millimeterpapier auf und verbindet ihre Endpunkte durch eine aus freier Hand zu ziehende ausgeglichene Linie, an welcher man dann die Höhen für jedes beliebige Jahr ablesen kann.

Der Gang des Zuwachses nach vorwärts kann nur für die zunächstfolgenden Jahre mit einiger Sicherheit auf Grund der letztjährigen Wachstumsleistungen und unter Berücksichtigung des allgemeinen Verlaufes der Höhenzunahme angesprochen werden. Man wolle dabei aber nicht übersehen, daß der Zuwachs zwar immer im großen und ganzen den der Holzart und dem Standorte entsprechenden Verlauf nehmen wird, daß aber die Wachstumsleistung des einzelnen oder auch mehrerer aufeinanderfolgender Jahre durch Zufälligkeiten (Trockenheit, Nässe, Lichtstellung u. s. w.) nach oben oder unten verändert werden kann, und daß die Vorherbestimmung des kommenden Zuwachses beim Einzelbaume infolgedessen noch größerer Unsicherheit unterliegt als

beim ganzen Bestande. Es sollen daher auch Angaben über die absoluten Beträge des Höhenzuwachses und über die Zeit seiner Kulmination erst an späterer Stelle, wenn vom Höhenzuwachs ganzer Bestände, d. h. mit anderen Worten eines Durchschnittsbaumes die Rede ist, zur Wiedergabe gelangen.

2. Die Ermittelung des Durchmesser- und Flächenzuwachses.

Das Stärkenwachstum der Bäume erfolgt, ausgehend von der peripherisch gelegenen Zellbildungsschicht sowohl nach innen gegen den Holzkörper, wie nach außen gegen die Rinde zu. Wenn man aber vom Durchmesser- und Flächenzuwachse redet, so pflegt man darunter in der Regel nur den am Holzteile erfolgenden zu verstehen; denn die Stärkenzunahme der Rindenschicht ist an sich gering und vor allem, wegen der von Zeit zu Zeit erfolgenden Ablösung einzelner Rindenteile, sehr unregelmäßig, so daß eine besondere Zuwachsuntersuchung dieses, überdies meist auch wertlosen Teiles wenig Zweck haben würde. Immerhin pflegt man doch gewöhnlich die Rindendicke besonders für sich zu messen und bei solchen Aufnahmen, welche durch wiederholte Kluppierungen an stehenden Bäumen erfolgen, kann der Stärkenzuwachs überhaupt nur unter Einrechnung des, allerdings meist belanglosen, Rindenzuwachses festgestellt werden.

Des weiteren ist nicht zu übersehen, daß eine jede Durchmesser- oder Flächenzuwachsuntersuchung sich stets nur auf einen bestimmten Querschnitt beziehen kann, weil die Durchmesser- und Flächenzunahme in verschiedenen Stammhöhen nicht gleichmäßig vor sich geht. Da nun die Ermittelung des Stärkenzuwachses nicht Selbstzweck ist, sondern in der Regel behufs Berechnung des Massenzuwachses vorgenommen wird, so muß sich die Stelle am Baume, wo die Durchmessermessung vorgenommen wird, nach den Anforderungen der anzuwendenden Kubierungsmethode richten. Man wird also den Durchmesser- bezw. Flächenzuwachs bald in Brusthöhe, bald in der Stammmitte, bald auch wiederholt an mehreren Stellen, wie z. B. im Sektionsabstande von 2 m, zu ermitteln haben. Die Ermittelung des Stärken- und Flächenzuwachses am Stockabschnitte dagegen kann nur dann in Frage kommen, wenn man ein Bild desselben für die ganze Lebensdauer des Baumes an einer Stelle gewinnen will, sie ist aber wegen der mannigfachen Unregelmäßigkeiten im Wurzelanlauf ohne besondere praktische Bedeutung.

Die Bestimmung des Zuwachsbetrages erfolgt nicht durch direkte Messung der Zuwachsbreite selbst, sondern zweckmäßiger durch Messung der Durchmesser am Anfang und Ende der zu untersuchenden Zuwachsperiode, deren Differenz sodann den Stärkenzuwachs ergiebt. Man gewinnt durch dies Verfahren den Vorteil, es nicht mit den manchmal recht kleinen Zuwachsgrößen, sondern mit den längeren und daher sicherer zu messenden Strecken der Durchmesser zu

thun haben. Den Flächenzuwachs dagegen berechnet man gewöhnlich als kreisförmige Ringfläche, d. h. als Differenz der jenen beiden Durchmessern entsprechenden Kreisflächen. Es wird hierin auch nichts geändert, wenn man bei nicht ganz kreisrunden Querschnitten, wie dies schon früher (S. 79) hervorgehoben ist, die Durchmesser als arithmetische Mittel berechnet hat. Nur bei ganz unregelmäßigem Flächenwachstum und bei feinen Zuwachsuntersuchungen wird man zu specielleren Flächenberechnungen mittels Äquidistanten oder Polarplanimeter greifen müssen.

Bezüglich der Stärken- und Flächenzuwachsermittelung *am liegenden Stamm* darf also in der Hauptsache, sowohl was die anzuwendenden Instrumente als die Messungsverfahren anlangt, auf das früher (S. 75—85) Gesagte verwiesen werden.

Als besonders brauchbare Instrumente seien nur noch einmal das Bauersche Zuwachslineal, der Stangenzirkel und für ganz feine Untersuchungen der Scherenmaßstab genannt. Zweckmäßigerweise wird man bei allen Zuwachsmessungen die zu messenden Durchmesser auf der gut geglätteten (nach Bedürfnis auch gefärbten, oder bei harzigen Holzarten mit Alkohol gereinigten) Stammscheibe durch eine Bleilinie darstellen, auch auf letzterer durch Abzählen der Jahrringe von außen herein Anfang und Ende der Zuwachsperioden feststellen und ebenfalls markieren. Dann bietet die Messung selbst, welche angesichts der geringen Beträge, um die es sich handelt, bis auf Millimeter, sogar halbe Millimeter genau erfolgen muß, keine weiteren Schwierigkeiten.

Man nimmt die Messung gewöhnlich nicht im Walde, sondern der größeren Bequemlichkeit und Sicherheit wegen im Zimmer vor, indem man sich an den zu messenden Stellen Stammscheiben von 2—5 cm Dicke senkrecht zur Stammachse herausschneidet, sorgfältig auf der Unterseite mit der Stammnummer, Meßhöhe u. s. w. bezeichnet und mit nach Hause nimmt. Hier hat man sich nur noch vor dem Fehler, der durch das nachträgliche Trocknen und Schwinden des Holzes entsteht, zu hüten, muß also die Messungen sofort vornehmen oder die Scheiben in kalten und nicht trockenen Räumen aufbewahren.

Zur Zuwachsmessung am Stehenden wird man irgend eine dem Zwecke und der nötigen Genauigkeit entsprechende Kluppe zu verwenden haben, für ganz feine Messungen z. B. die auf S. 69 erwähnten Präzisionskluppen. Doch sind außerdem zur direkten Messung des Zuwachses besondere Apparate konstruiert worden, die meistens am Baume dauernd befestigt werden. Hierher gehört z. B. der von *Reuß*, Z. f. d. g. F. 1890, S. 405, beschriebene *Stärkezuwachsmesser* oder das *Pfisterſche Präzisionsmeßband*, Z. f. d. g. F. 1892, S. 459.

Beispiel. Der bereits oben benutzte Modellstamm zeigte in Brusthöhe von 1,3 m folgende Durchmesser:

Im Alter von		47	37	27	17 Jahren
	mit Rinde, ohne				
einen Durchmesser von		211 201	171	133	66 mm (Rest 8 Jahrringe)
Durchm.-Zuwachs	periodisch	10 30	38	67	66 mm
	period. jährl.	— 3,0	3,8	6,7	8,3 „

Der Flächenzuwachs in Brusthöhe berechnet sich hieraus wie folgt:

Im Alter von		47	37	27	17 Jahren	
	mit Rinde, ohne					
Querfläche		350 317	230	139	34	qcm
Flächen-Zuwachs	periodisch	33 87	91	105	34	„
	period. jährl.	— 8,7	9,1	10,5	4,3	„

Der Stärken- und Flächenzuwachs ist, wie auch unser kleines Beispiel zeigt, in den aufeinanderfolgenden Entwickelungsstufen nicht gleich groß, ja nicht einmal zu demselben Zeitpunkte der nämliche, wenn man die in verschiedenen Höhen gewonnenen Querschnitte einander gegenüberstellt.

Die Sicherheit der Voraussbestimmung des künftigen Zuwachses auf Grund des vorhergegangenen muß hierunter sehr leiden, und das umso mehr, als man hierbei in der Regel, wie es ja bei stehenden Bäumen gar nicht anders möglich ist, nur von den an einer einzigen Stelle, z. B. in Brusthöhe, gewonnenen Zuwachsbeträgen auszugehen gezwungen ist. Die Verhältnisse liegen in dieser Beziehung ziemlich verwickelt und es bedürfen noch verschiedene Umstände, welche den Betrag des Stärkenzuwachses und seine Verteilung am Baume beeinflussen, der weiteren Klarlegung.

Im allgemeinen läßt sich sagen und namentlich an schwach bekronten Stämmen recht deutlich nachweisen, daß der Stärkenzuwachs unmittelbar unter dem Kronenansatz am lebhaftesten ist und nach unten zu bis zum Wurzelanlaufe abzunehmen pflegt. Der Flächenzuwachs dagegen verhält sich, seiner absoluten Größe nach betrachtet, meist entgegengesetzt, er nimmt in der Regel von oben nach unten gerechnet zu oder bleibt wenigstens annähernd gleich, weil die in dieser Richtung erfolgende Abnahme der Jahrringbreite durch die größere Länge des Jahrringumfanges ausgeglichen wird. Plötzliche Freistellung des Baumes, rasche Kronenentwickelung bewirkt aber häufig eine Änderung der Verhältnisse in dem Sinne, daß die Jahrringe im unteren Stammteile sich merklich verbreitern, während sie im oberen wenigstens relativ zurückbleiben*). Bei Beurteilung und Benutzung der äußersten, zuletzt gebildeten Jahrringe verdient sodann noch eine Beobachtung v. Guttenbergs erwähnt

*) Die Litteratur auf diesem Gebiete ist sehr reichhaltig. Man vergleiche die Arbeiten von Th. und R. Hartig, Nördlinger und Andern, insbesondere die neueren Veröffentlichungen des forstlichen Versuchswesens.

zu werden*), welcher ein nachträgliches Schmälerwerden derselben am lebenden Baume festgestellt hat, das eintritt, sobald eine Anzahl neuer Jahrringe um dieselben herum entstanden ist. Eine Erscheinung, für welche die Erklärung in dem nachlassenden Turgor der älter werdenden Zellen und in dem mechanischen Drucke der übergelagerten Holzschichten ungezwungen sich ergeben würde. Es hängt somit der Gang des Stärkenzuwachses in weit höherem Maße als der Längenzuwachs von der Lichtstellung und damit von allen im voraus gar nicht zu übersehenden wirtschaftlichen und zufälligen Eingriffen in das Leben der Bestände ab, was bei Schätzung künftiger Zuwachsbeträge nicht aus den Augen gelassen werden darf.

Etwas anders gestaltet sich die Durchmesserzuwachsermittelung am stehenden Stamme. Hier ist die Gewinnung von Stammquerschnitten in der geschilderten Weise unmöglich und es bleibt eigentlich zunächst nichts anderes übrig, als die Durchmesser an den gewünschten Stellen mittels einer Kluppe zu messen und diese Messung nach einigen Jahren zu wiederholen. In dieser Weise wird auch thatsächlich bei den unter dauernder Beobachtung befindlichen Probe- oder Versuchsflächen die Zuwachsmehrung durch Messung des Brusthöhendurchmessers bestimmt. Daß hierbei gleichzeitig immer die Veränderungen der Rindendicke mitgemessen werden, wurde bereits früher erwähnt. Dieser Umstand ist aber weniger von Belang als der andere, daß auf diese Weise ein langer Zeitraum vergehen muß, ehe man ein hinreichend vollständiges Bild von den Durchmesserveränderungen des Baumes gewinnt.

Man hat deswegen schon frühzeitig versucht, durch Einmeißeln von Löchern in den Stamm einen Einblick in die Zuwachsleistungen vergangener Jahre zu gewinnen. Eine praktische Gestalt nahm diese Idee erst mit der Max Preßler zu verdankenden**) Erfindung des Zuwachsbohrers an, eines Instrumentes, welches gestattet, dem lebenden Baume ohne erhebliche Verletzung und in bequemer Weise einen Bohrspan zu entnehmen, an welchem die Breite der Jahrringe deutlich erkennbar ist. Der Bohrer wurde nachmals von Prof. Neumeister wiederholt verbessert***) und zeigt in seiner neuesten Form†) folgende Anordnung.

Beschreibung des Zuwachsbohrers. Das Instrument besteht aus der Bohrspindel, der Hülse dazu, welche gleichzeitig als Bohrkurbel dient,

*) Lorey's Handbuch der Forstwissenschaft II. S. 199.

**) Zuerst von Preßler beschrieben im „Rationellen Waldwirt" 5. Heft. Dresden 1865 S. 76; später Th. f. J. 1867 S. 156 und besonders: Gebrauchsanweisung für den Zuwachsbohrer. Wien. 1.—3. Aufl.

***) Th. f. J. 1888 S. 299. Ö. V. 1888 S. 200. Z. f. d. g. F. 1888 S. 203. Schw. Z. 1888 S. 186.

†) Neumeister. Gebrauchsanweisung zum Preßler-Neumeisterschen Zuwachsbohrer. 4. Aufl. Wien 1898. Leipzig bei Th. Thomas.

und einigen Nebenapparaten. Er wird in zwei Ausführungen (A und B) angefertigt, welche sich nur durch verschiedene Länge des Bohrers (A = 13 cm, B=20 cm) unterscheiden. Die Bohrspindel besteht aus einem dünnwandigen Stahlrohr von kreisförmigem Querschnitte, das am oberen Ende etwas verdickt und vierkantig ausgeformt ist. Das untere Ende läuft in eine scharfe Schneide aus und trägt außen ein zweigängiges (bei älteren Konstruktionen ein dreigängiges) Schraubengewinde, wie die Zeichnung (Fig. 114) erkennen läßt. Bohrt man mit Hilfe des letzteren das Instrument in einen Stamm hinein, so muß die scharfe Schneide der Spindel einen Kern, einen cylindrisch geformten Bohrspan herausschneiden, welcher im Innern der nach oben zu sich etwas erweiternden Spindel Platz findet.

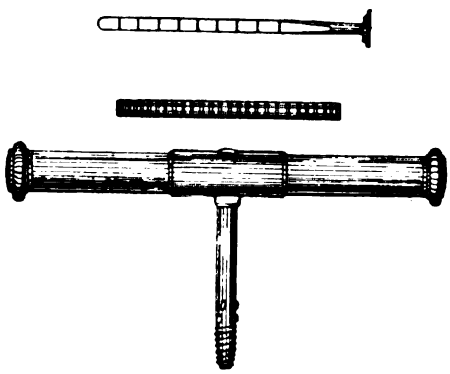


Fig. 114.

Dies Hineinbohren erfolgt, indem man die ebenfalls aus einem Stahlrohre bestehende Hülse als Kurbel verwendet. Dieselbe ist zu diesem Zwecke in ihrer Mitte durch einen aufgeschobenen Ring verdickt*) und mit einem auf den Vierkant der Spindel passenden quadratischen Zapfenloche versehen. In ihrem Inneren findet die Spindel mit dem Zubehör bequem Platz. Sie wird auf der einen Seite geöffnet durch Abschrauben einer (geänderten) Messingkapsel.

Das Zubehör besteht aus einer Räumnadel von der Länge des Bohrers, welche aus einem flachen Stahlstreifen gefertigt und auf der einen Fläche eingekerbt, auf der anderen mit einer Millimeterteilung versehen ist. Außerdem liegt noch ein halbcylindrisches Messingröhrchen zur Aufnahme des Holzspanes und eine einfache Lupe bei.

Zum Gebrauche wird die Hülse auf den Vierkant der Spindel aufgesteckt und der Bohrer sodann an der gegebenen Stelle in den Stamm gebohrt. Es empfiehlt sich, zuvor die Borke mit einem Messer zu entfernen. Man muß anfänglich, ohne nach rechts oder links zu wanken, stark aufdrücken, bis das Schraubengewinde gefaßt hat, später kann man einfach bis zum Erreichen der gewünschten Tiefe weiter drehen. Ist diese erreicht, so gilt es, den Span loszulösen. Hierzu wird die Räumnadel mit der Kerbseite nach innen

*) Die erste Neumeistersche Modifikation zeigt an dieser Stelle ein massives, etwas gebogenes Kurbelstück, welches größere Kraft anzuwenden gestattete und die Hand besser vor Verletzungen an der Rinde der Bäume schützte.

zwischen Bohrspan und Spindelwand, nach Bedarf unter leichtem Aufklopfen, hineingeschoben (bis zum Kopfe), indem man die Kurbel auf der Spindel sitzen läßt, sodann der auf diese Weise festgeklemmte Bohrspan durch einige Drehungen der Kurbel vom Baume gelöst und schließlich zusammen mit der Räumnadel durch Abziehen der Kurbel aus der Spindel hervorgezogen. Die letztere selbst wird endlich nachträglich herausgedreht.

Der herausgebohrte Holzspan wird sodann, um ihn vor dem Zerbrechen zu schützen, in die Blechhülse gelegt und die Breite der Jahrringe an ihm gemessen, wozu man die Millimeterteilung der Räumnadel benutzen kann. Nach Bedürfnis wird er zuvor noch mit einem scharfen Messer geglättet oder auch mit einem der früher angegebenen Färbemittel behandelt.

Man erhält natürlich durch diese Messung nur den Zuwachs des Radius, muß also die gefundene Breite verdoppeln oder besser noch einen zweiten diametral gegenüberliegenden Span erbohren. Will man bei excentrisch gewachsenen Stämmen nicht vier Späne entnehmen, so bohrt man in der wahrscheinlichen Richtung des mittleren Durchmessers. Die Bohrlöcher verschließt man oberflächlich durch leichtes Zusammenklopfen der Rinde. Wer sehr vorsichtig sein will, mag sie mit Baumwachs verstreichen, zu warnen ist dagegen vor dem Einklopfen von Holzkeilen.

Die Bohrspindel selbst muß nach dem Gebrauche gut eingefettet, überhaupt aber auch, da sie aus härtestem Stahle besteht, vorsichtig behandelt werden. Man hüte sich in der Nähe von Astquirlen zu bohren, weil man dabei leicht auf Hornäste stoßen kann. Stumpf gewordene Schneiden können auf dem Ölsteine nachgeschliffen werden.

Die Sorte A des Bohrers eignet sich zum Anbohren aller unserer Holzarten. Sie giebt einen Span von 7 cm Länge und 5 mm Dicke. Bei 13 cm Hülsenlänge ist sie bequem in der Tasche zu tragen und für den gewöhnlichen Gebrauch zu wählen. Preis mit Lupe und Etui 15 M. oder 19 kr. bei Moritz Perles, Wien, Seilergasse 4 oder Th. Thomas, Leipzig, Thalstraße 13, welche nur geprüfte Instrumente liefern. Die Sorte B, der Tiefbohrer liefert Späne bis zu 13 cm Länge, ist aber nur im weichen Holze verwendbar. Preis 17 M. oder 22 kr.

Oberf. Matthes in Eisenach hat eine Kombination des Zuwachsbohrers mit dem Weiseschen Höhenmesser vorgeschlagen*), welche vom Hofmechaniker Eckstein in Eisenach für 13 M. geliefert wird.

3. Die Ermittelung des Massenzuwachses.

Die Ermittelung des Massenzuwachses erfolgt in der Weise, daß man den Inhalt des Baumes zu Beginn und am Ende des zur Untersuchung stehenden

*) Z. f. F. u. J. 1888 S. 667.

Zeitraumes bestimmt, die Differenz beider Größen ergiebt den Massenzuwachs.

Da nun der Inhalt eines Baumes auf verschiedenen Wegen gefunden werden kann, so ergeben sich dementsprechend auch mehrere Verfahren für die Zuwachsermittelung, welche je nach den Umständen und den Absichten, die man verfolgt, zur Anwendung gelangen können.

A. Massenzuwachsermittelung am gefällten Stamme.

a. Das Sektionsverfahren. Stammanalyse.

Das genaueste Verfahren zur Inhaltsermittelung und damit also auch zur Bestimmung des Massenzuwachses ist die sektionsweise Messung (S. 35). Erstreckt sich dieselbe nicht nur auf eine einzelne Zuwachsperiode, sondern auch auf alle anderen zurückliegenden Wachstumsphasen, so wird hierdurch der gesamte Entwickelungsgang des Stammes untersucht, analysiert und wir bekommen in dieser Stammanalyse ein klares und anschauliches Bild seines allmählichen Heranwachsens.

Man teilt zu diesem Zwecke den Stamm in gleiche, gewöhnlich 2 m lange Sektionen ein und durchschneidet diese (unter Entnahme von Stammscheiben) in ihrer Mitte, also bei 1, 3, 5 u. s. f. Meter. An diesen Stammscheiben erfolgt in der aus dem Vorstehenden bekannten Weise durch Abzählen der Jahresringe und Messung sämtlicher Durchmesser für die entsprechenden Jahre (gewöhnlich in Abständen von 5 oder 10 Jahren) die Ermittelung der Höhen und der Querflächen, aus denen man durch Multiplikation mit der Sektionslänge die Sektionsinhalte erhält. Durch Addition der korrespondierenden Sektionsmassen und unter Hinzufügung der etwa sich ergebenden Gipfelstücke, welche in einfachster Weise, etwa als gerade Kegel aus der Grundfläche, kubiert werden dürfen, ergeben sich sodann die Inhalte des Stammes für die angenommenen Jahre.

Sehr anschaulich lassen sich alle diese Verhältnisse durch graphische Aufzeichnung darstellen. Man denkt sich den Baum in seiner Längsaxe zerschnitten und zeichnet nun, indem man sich i. d. R. mit der Darstellung der Hälfte des sich darbietenden symmetrischen Bildes begnügt, den Verlauf der einzelnen Zuwachsschichten

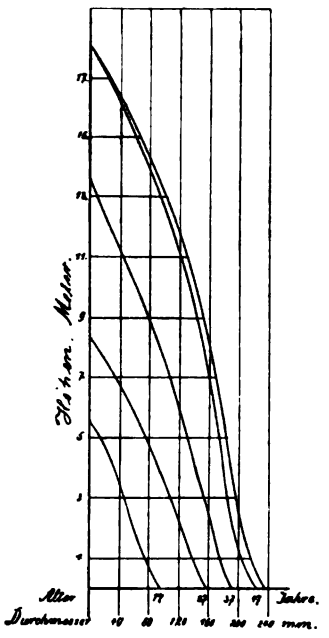


Fig. 115.

Beispiel einer Stammanalyse.

Forstamt Kandern. Vers. Fl. 18. Fichte. Stamm Nr. V. a = 47 Jahre.

Höhe der gewonnenen Querschnitte	Durchmesser bezw. Kreisflächen im Alter von 47 Jahren jetzt mit Rinde		47 Jahren jetzt ohne Rinde		37 oder vor 10 Jahren		27 oder vor 20 Jahren		17 oder vor 30 Jahren		Rest-Jahr-ringe	Bemerkungen
m	mm	qcm	mm	qcm	mm	qcm	mm	qcm	mm	qcm		
0	236	437	224	394	190	284	156	191	96	72	—	Ganze Höhe 18 m.
1,3	211	350	201	317	171	230	133	139	66	34	8	*) Nur bei der 4. Sektion ergiebt sich ein zu berücksichtigendes Gipfelstück von 33 mm unterem Durchmesser und 1,2 m Länge, Inhalt 0,0004 fm. Vergl. auch Fig. 115.
1	216	366	205	330	174	238	137	147	74	43	8	
3	195	299	185	269	154	186	110	95	43	14	5	
5	184	266	176	243	131	135	78	48	15	2	2	
7	168	222	160	201	107	90	33*)	9	—	—	6	
9	148	172	140	154	80	50	—	—	—	—	11	
11	130	133	122	117	45	16	—	—	—	—	6	
13	102	82	94	69	10	1	—	—	—	—	2	
15	66	34	60	28	—	—	—	—	—	—	8	
17	27	6	23	4	—	—	—	—	—	—	3	
Summe der Flächen qcm	1580		1415		716		299		59			
Holzgeh. d. Sektionen fm	0,3160		0,2830		0,1432		0,0598		0,0118			
„ d. Gipfelstücke „	—		—		—		0,0004*)		—			
„ d. Stammes „	0,3160		0,2830		0,1432		0,0602		0,0118			
Zehnjähr. Massenzuw. „			0,1398		0,0830		0,0484					

auf. Zu dem Zwecke werden auf einer geraden Linie, welche jene Längsaxe repräsentiert, die Höhen der einzelnen Querschnitte und die Höhen der Baumspitzen in den einzelnen angenommenen Zeitabschnitten aufgetragen und an jedem Querschnittspunkt die gemessenen Durchmesser, der Deutlichkeit wegen in etwas größerem, meist zehnfachem Maßstabe, als Senkrechte errichtet. Die Verbindungslinien der zusammengehörigen Endpunkte stellen dann die Stammkurven für die einzelnen Zuwachsabschnitte dar.

Unser Beispiel wird das Gesagte verdeutlichen.

b. Zuwachsermittelung durch Mittenmessung.

Eine Zuwachsermittelung mit Hilfe der soeben beschriebenen Stammanalyse ist in der Regel nur für wissenschaftliche Untersuchungen erforderlich. In den meisten anderen Fällen genügt ein einfacheres Verfahren der Inhaltsermittelung und am besten eignet sich dazu **Kubierung aus der Stammmitte**. Obwohl letzteres Verfahren durchaus nicht einwandfrei ist (S. 28), so ist es doch für die Zuwachsbestimmung sehr gut zulässig, weil der bei der Kubierung etwa begangene Fehler durch die Bildung der Differenz der Massen größtenteils wieder zum Verschwinden gebracht wird.

Man kubiert hiernach den Stamm in der gewöhnlichen Weise ohne Rinde nach der Formel γl und sucht dann durch Abschneiden des Wipfels bezw. Abzählen der Gipfeltriebe die Stelle, wo sich die Spitze des Stammes zu Beginn der Zuwachsperiode vor n Jahren befunden hat. In der Mitte der so gefundenen Länge l wird der Stamm durchschnitten und sein Durchmesser δ vor n Jahren ermittelt. Ist das Zerschneiden unthunlich, so bestimmt man mittels Zuwachsbohrers die njährige Zuwachsbreite b, aus der man durch Abzug vom äußeren rindenlosen Durchmesser den gesuchten Durchmesser erhält. Der Zuwachs beträgt dann

$$z = \frac{\pi}{4} \Delta^2 L - \frac{\pi}{4} \delta^2 l,$$

wenn wir (etwas abweichend von der sonst beobachteten Schreibweise) die gegenwärtigen Dimensionen mit großen Buchstaben, die vor n Jahren mit kleinen bezeichnen. Eine Vereinfachung dieses Verfahrens ist (nach M. R. **Preßler***)

*) M. R. Preßler, Neue holzwirtschaftliche Tafeln. Dresden 1857 S. 198. (Erste Auflage des forstl. Hilfsbuches 1869.)

die Zuwachsbestimmung am zuwachsrecht entwipfelten Stamme. Man entwipfelt bei dieser Methode den Stamm dort, wo sich die Spitze des Baumes vor n Jahren zu Beginn der zu untersuchenden Periode befand und mißt nun in der Mitte dieses „zuwachsrecht entwipfelten Stammstückes" den gegenwärtigen Durchmesser Δ' und den vor n Jahren δ. Dann sind die beiden Inhalte

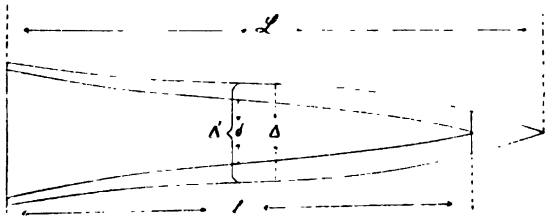


Fig. 116.

$$v' = \frac{\pi}{4}\,\Delta'^2 l \text{ und } v_n = \frac{\pi}{4}\,\delta^2 l \text{ also}$$

$$z_v = \frac{\pi}{4}\,l\,(\Delta'^2 - \delta^2) \text{ oder}$$

$$z_v = l\,(\Gamma' - \gamma).$$

Es wird bei solchem Verfahren der an sich geringe Inhalt der njährigen Stammspitze zwar vernachlässigt, aber dadurch wieder annähernd in die Rechnung eingeführt, daß der Durchmesser Δ' um die halbe Länge der Spitze weiter nach unten zu liegen kommt und so zu groß abgegriffen wird. Infolge dessen sind die Unterschiede gegenüber der genaueren Kubierung gering und können die praktische Brauchbarkeit der Methode nicht beeinträchtigen.

Beispiel. Unsere Fichte zeigt im 47. Jahre eine Länge von 18 m, ein Δ von 140 mm. Hieraus resultiert $v = 0{,}2772$ fm. Der 37jährige Stamm hat nach Fig. 115 eine Länge von 13,6 m, sein Mittendurchmesser δ bei 6,8 m ist 110 mm, hieraus $v_n = 0{,}1292$, somit

$$z_v = 0{,}2772 - 0{,}1292 = 0{,}1480 \text{ fm}$$

gegenüber 0,1398 fm beim Sektionsverfahren.

Hätte man ihn bei 13,6 m zuwachsrecht entwipfelt, so ergäbe sich (siehe Fig. 115) bei 6,8 m ein gegenwärtiger Durchmesser $\Delta' = 162$ mm, somit

$$v' = \frac{\pi}{4}\,0{,}162^2 \cdot 13{,}6 = 0{,}27744 \text{ fm}.$$

Der Inhalt des 37jährigen Stammes war

$$v_n = \frac{\pi}{4}\,0{,}110^2 \cdot 13{,}6 = 0{,}12920 \text{ fm, also}$$

$$z_v = 0{,}14824 \text{ fm},$$

fast genau derselbe Betrag.

Anmerkung 1. Sehr einfach, aber dennoch ohne Bedeutung ist das Verfahren der Volumenzuwachsermittelung nach Prof. Breymann. Zieht man nur den Höhenzuwachs z_l und den Durchmesserzuwachs in Brusthöhe z_d eines einzigen Jahres, die aber beide am besten als jährlicher Durchschnittsbetrag einer längeren Periode ermittelt werden, in Betracht und ist der Inhalt v des Stammes ausgedrückt durch

$$v = \frac{\pi}{4} d^2 l f,$$

so kann man den Inhalt v_1 des um 1 Jahr älteren Stammes, unter der Voraussetzung, daß sich die Formzahl nicht ändert, analog ausdrücken mit

$$v_1 = \frac{\pi}{4} (d + z_d)^2 (l + z_l) f, \text{ den Zuwachs } z_v \text{ also}$$

mit
$$z_v = \frac{\pi}{4} f \left[[d + z_d]^2 [l + z_l] - d^2 l \right] \text{ oder}$$

$$= \frac{\pi}{4} f (d^2 l + 2 d l z_d + l z^2_d + d^2 z_l + 2 d z_d z_l + z^2_d z_l - d^2 l).$$

Hierin kann man aber die Größen $l z^2_d$; $2 d z_d z_l$ und $z^2_d z_l$ als an sich kleine Beträge vernachlässigen, so daß übrig bleibt

$$z_v = \frac{\pi}{4} f (2 d l z_d + d^2 z_l) \text{ oder}$$

$$= \frac{\pi}{4} f d^2 l \left(\frac{2 z_d}{d} + \frac{z_l}{l} \right) = v \left(\frac{2 z_d}{d} + \frac{z_l}{l} \right).$$

Anmerkung 2. Unzulässig wäre es hier, den laufenden Zuwachs als einfachen Gesamtaltersdurchschnittszuwachs aus $\frac{v}{a}$ zu berechnen, weil beide Größen nur um die Zeit der Kulmination des letzteren übereinstimmen, vorher und nachher aber, und zwar meist ganz erheblich, differieren. Dagegen können natürlich zur Zuwachsberechnung gefällter Stämme die übrigen, nachfolgend für stehende Bäume angeführten Methoden auch zur Anwendung gelangen, stehen jedoch den bisher beschriebenen meist an Bequemlichkeit und immer an Genauigkeit nach.

B. Massenzuwachsermittelung am stehenden Baume.

Die Zuwachsermittelung am stehenden Baume muß sich ebenfalls an die für diesen gebräuchlichen Kubierungsmethoden anlehnen. Von letzteren müssen aber alle diejenigen Verfahren ausscheiden, welche obere Durchmesser benutzen, weil diese für den inneren Kern eines stehenden Baumes nicht gemessen werden können. Gangbar sind also folgende Wege:

1. Zuwachsermittelung nach Formzahlen.

Das Verfahren beruht darauf, daß man für den Baum (oder Stamm) in seiner jetzigen Gestalt die Formzahl entweder durch entsprechende Messungen oder durch Entnahme aus einer geeigneten Formzahltafel ermittelt und

annimmt, daß der Baum zu Beginn der Untersuchungsperiode dieselbe Formzahl besessen habe. Bestimmt man dann noch durch Anbohren mittels Zuwachsbohrers seinen Durchmesser an jenem Zeitpunkte und (in der Regel nur durch Schätzung ausführbar) seine damalige Höhe, so läßt sich hieraus seine frühere und seine jetzige Masse berechnen, deren Differenz den Massenzuwachs ergiebt.

Für kürzere Zuwachsperioden kann man unbedenklich die Formzahl als gleichbleibend annehmen, für längere dagegen dürfte es sich empfehlen, für den jetzigen und für den um n Jahre jüngeren Stamm verschiedene Formzahlen zu verwenden, indem man die gegenwärtige, am Stamm direkt erhobene Formzahl für den jüngeren Baum auf Grund einer passenden Tafel, der Altersdifferenz entsprechend, verändert.

Aber auch bei dieser Vorsichtsmaßregel wird dem Verfahren eine gewisse Unsicherheit immer anhaften, weil sich die frühere Höhe des Baumes meistenteils nur ungenau bestimmen läßt. Dieser Nachteil fällt weg, sobald man es mit einem gefällten Stamme zu thun hat, dafür tritt aber wieder die größere Umständlichkeit der Methode störend auf.

Kennt man Brusthöhendurchmesser und Scheitelhöhe des Baumes am Anfang und Ende der Zuwachsperiode, so könnte man natürlich die Inhalte auch direkt einer Massentafel entnehmen und daraus den Zuwachs berechnen. Indessen stößt dies Verfahren auf Bedenken, weil man hiermit nicht sowohl den speciellen Zuwachs des betreffenden Stammes, als vielmehr den durchschnittlichen einer von ihm repräsentierten Stammklasse erhalten würde.

2. Zuwachsermittelung nach Prozentsätzen.

Ist der gegenwärtige Inhalt eines Baumes bekannt und ebenso das prozentische Verhältnis des erfolgenden Zuwachses, so läßt sich natürlich hieraus das Zuwachsquantum für eine bestimmte Zeit berechnen; für n Jahre z. B. wäre, wenn das einjährige Massenzuwachsprozent mit p_v bezeichnet wird,

$$z_{v\,(n)} = \frac{v p_v}{100} \cdot n.$$

Es ist jedoch bei Benutzung einer derartigen Formel folgendes zu bedenken:

1. Die Anwendung des Verfahrens kann nur dann einen Sinn haben, wenn es gelingt, das Zuwachsprozent in einer einfacheren und kürzeren Weise zu erheben, als den Betrag des Zuwachses selbst. Wegen Ermittelung dieses Prozents wird auf die nachfolgenden Ausführungen hingewiesen; es sei hier nur bemerkt, daß es in der That möglich ist, das Massenzuwachsprozent aus dem in einer einfachen Weise zu bestimmenden Durchmesserzuwachse in Brusthöhe abzuleiten.

2. Streng genommen kann die Formel nur für den Zeitraum eines Jahres gelten, da sich von Jahr zu Jahr die zuwachsende Masse v und möglicher- oder vielmehr wahrscheinlicherweise auch das Zuwachsprozent ändert. Es kann also die Formel in der obigen Form nur einen Näherungswert ergeben und nur dann Anspruch auf Gültigkeit besitzen, wenn man v und p_v als durchschnittliche Werte für die Zuwachsperiode betrachten darf.

3. Ermittelung des Massenzuwachses aus dem Gesamtaltersdurchschnittszuwachse.

Für stehende Bäume, bei welchen wir ohnehin stets mit einem möglichen, gewissen Fehler rechnen müssen, kann schließlich auch die Ermittelung des laufenden Massenzuwachses auf Grund des Gesamtaltersdurchschnittszuwachses, trotz theoretischer Bedenken, in Frage kommen. Wie wir wissen, stimmen beide nur im Jahre der Kulmination des Durchschnittszuwachses überein, vorher ist der laufende Zuwachs größer, nach diesem Zeitpunkte aber kleiner. Für etwa 5—10jährige Perioden, welche vor- oder rückwärts an jenes Kulminationsjahr anschließen, darf man aber ohne beträchtlichen Fehler den laufenden als durchschnittlichen Zuwachs berechnen. Für entferntere Perioden müßte man allerdings eine nur schätzungsweise bestimmbare Korrektur eintreten lassen, d. h. vor jenem Kulminationspunkte den gefundenen Durchschnittszuwachs entsprechend vermehren, später vermindern. Den Betrag der Korrektur selbst kann man unter Berücksichtigung der Bonitätsverhältnisse aus einer Zuwachs(Ertrags)tafel entnehmen und die Frage, ob der Baum den Kulminationspunkt schon überschritten hat oder nicht, läßt sich, wenn nötig, durch Vergleichung des gegenwärtigen Zuwachsprozents p_v mit dem Ausdruck $\frac{100}{a}$, dem bekannten Werte für das Zuwachsprozent im Jahre der Kulmination, entscheiden.

C. Anhang.

a) Zuwachsermittelung am Astholz und am Reisig.

Auf große Schwierigkeiten, selbst beim gefällten Baume, stößt die Zuwachsermittelung der Äste und des Reisigs. Stärkere Äste lassen sich noch wie die Stämme behandeln, bei den schwächeren Zweigen bietet die Geringfügigkeit der Zuwachsgrößen und die Mühseligkeit der Arbeit unüberwindliche Grenzen. Ist eine solche Ermittelung aber dennoch aus irgend einem Grunde notwendig, so läßt sie sich am verläßlichsten auf Grund von Durchschnittszahlen für die Astmasse in verschiedenen Altern, oder auf Grund der für den Stamm geltenden Massenzuwachsprozente einschätzen. Auch der von Th. Hartig angegebene Weg, das Alter der fraglichen Äste und ihren Gesamtinhalt zu

bestimmen und dann ihren laufenden Zuwachs als Durchschnittszuwachs daraus zu berechnen, läßt sich, angesichts des Mangels einer anderen Lösung, in diesem Falle noch begehen.

b) Die Ermittelung des zukünftigen Zuwachses.

Während die Ermittelung des Zuwachses in abgelaufenen Entwickelungsperioden zunächst nur eine theoretische Bedeutung besitzt, ist die Vorausbestimmung des in der Zukunft zu erwartenden Massenzuwachses eine in der forstlichen Praxis häufig auftretende Aufgabe. Allerdings wird sie uns häufiger in Bezug auf ganze Bestände, weniger oft für einen einzelnen Baum gestellt. Trotzdem bleibt sie auch für letzteren Fall interessant und wichtig genug; leider aber entspricht die erreichbare Genauigkeit in der Lösung dieser Frage nicht der Wichtigkeit derselben.

Als Anhalt kann man immer nur den Zuwachs der letztverflossenen Jahre benutzen. Befindet sich dabei der Baum in der Nähe desjenigen Alters, in welchem die Kulmination des laufenden Massen-Zuwachses erfolgt, so wird die Änderung im jährlichen Zuwachsbetrage nicht bedeutend sein, man könnte also einfach den zukünftigen dem verflossenen gleichsetzen. Im anderen Falle müßte man ihn schätzungsweise entsprechend höher oder niedriger anschlagen.

Wollte man dagegen den zukünftigen Zuwachs in der Weise berechnen, daß man annimmt, der Durchmesser- und Höhenzuwachs der letzten n Jahre würde in den folgenden gleich bleiben, so würde man in der Regel ein zu großes Resultat erhalten, da der Durchmesserzuwachs im allgemeinen mit wachsendem Alter abnimmt. Es würde hier also ein entsprechender Abzug an demselben zu machen sein. Am einfachsten gestaltet sich hierbei die Anwendung des Formzahlverfahrens, das zu diesem Zwecke in erster Linie empfohlen zu werden verdient.

B. Die Ermittelung des Zuwachsprozentes.

1. Allgemeines.

Die absolute Größe des an einem Baume erfolgenden Zuwachses giebt uns noch keinen rechten Anhalt über die Wachstumsleistung desselben. Zur vollen und anschaulichen Vorstellung von diesen Verhältnissen gelangen wir erst durch Kenntnis des relativen Zuwachsbetrages, d. h. durch Vergleich der wachsenden Größe m mit der Zuwachsmenge z, des Zuwachsquotienten $\frac{m}{z}$ oder, wenn wir diesen für die Größe 100 und die Zeiteinheit ausdrücken: des Zuwachsprozentes.

Wenn irgend eine beliebig benannte Größe m innerhalb eines Zeitraumes von n Jahren jährlich um einen gleichbleibenden Prozentsatz p bis zu dem Endwerte M in der Weise zunimmt, daß der entstandene Zuwachs ebenfalls in demselben Verhältnisse weiterwächst, so muß die Größe m sich nach dem Bildungsgesetz einer geometrischen Reihe $M = m\,1{,}0\,p^n$ entwickeln und jenes Zuwachsprozent selbst auf Grund der bekannten Formel der Zinseszinsrechnung sich in dem Ausdrucke

$$p = 100\left(\sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1\right)$$

wiedergeben lassen.

Es liegt die Annahme nahe, daß auch an einem Baume die wachsenden Dimensionen, wie Höhe oder Stärke, und ebenso der Inhalt selbst (natürlich abgesehen von den zufälligen Verschiedenheiten im einzelnen Jahre) in analoger Weise sich entwickeln, doch haben die hierauf gerichteten Untersuchungen*) nachgewiesen, daß die verschiedenen Arten des Zuwachses in dieser Beziehung durchaus kein einheitliches Verhalten aufweisen und daß das Entwickelungsgesetz der geometrischen Progression nicht als allgemein gültiges Zuwachsgesetz bei Bäumen aufgestellt werden darf. Am ersten nähert sich noch die Massenentwickelung des Einzelbaumes den Zinseszinsreihen, allerdings mit dem Bestreben, gegen Ende des Baumlebens sich der einfachen arithmetischen Reihe zu nähern.

Die Anwendung der angeführten Formel für die Zwecke der Holzmeßkunde würde daher nicht einmal in allen Fällen ein genaues Resultat liefern und obendrein mit fühlbaren Unbequemlichkeiten wegen der logarithmischen Berechnung verbunden sein.

Es besteht daher das Bedürfnis nach einem Formelausdruck, welcher das Zuwachsprozent in einfacherer Weise zum Ausdrucke bringt. Faßt man nun kürzere Wachstumsperioden ins Auge und denkt man sich die Entwickelung graphisch in Form einer Kurve aufgezeichnet, so kommen die kurzen Kurvenstücke der geraden Linie außerordentlich nahe, und man ist — allerdings mit einem kleinen Fehler — berechtigt, ein Anwachsen der Größe m in einfacher arithmetischer Reihe vorauszusetzen. Dann aber ergeben sich die nachstehenden Zuwachsprozentformeln.

Bezieht man die absolute Zuwachsmenge M — m auf die ursprünglich am Anfange vorhandene Größe m und verteilt man den erfolgenden Zuwachs M — m gleichmäßig auf alle n Jahre, so ergiebt sich aus der Proportion

*) Man vergleiche in dieser Beziehung besonders die interessanten Ausführungen von Prof. Weber (Lehrbuch der Forsteinrichtung, Berlin 1891, S. 147 ff.), welcher die Übereinstimmung der thatsächlichen Höhen-, Durchmesser- und Massenentwickelung mit gesetzmäßigen Reihen nachzuweisen sucht. Ähnlich Koller in Ö. V. 1886.

$$p : 100 = \frac{M - m}{n} : m$$

das Zuwachsprozent für eine n jährige Periode

$$p = 100 \cdot \frac{M - m}{n \cdot m} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (I).$$

Es erhellt ohne weiteres, daß man hiermit stets einen positiven Fehler macht, d. h. einen zu großen Prozentsatz berechnen wird, weil als wachsende Größe ein nur für das erste Jahr richtiger Betrag, für alle folgenden dagegen der zu kleine Betrag m zu Grunde gelegt wird. Des weiteren folgt, daß der Fehler mit der Länge der Zuwachsperiode wachsen muß.

Wesentlich genauer arbeitet daher die von Preßler*) angegebene Näherungsformel**)

$$p = \frac{M - m}{M + m} \cdot \frac{200}{n} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (II),$$

welche als wachsendes Kapital das arithmetische Mittel aus M und m, also $\frac{M + m}{2}$ und als jährlichen Zuwachs den Betrag $\frac{M - m}{n}$ in Rechnung stellt. Aus der Proportion

$$p : 100 = \frac{M - m}{n} : \frac{M + m}{2}$$

ergiebt sich dann ohne weiteres obige Formel.

Dieselbe liefert indes, wie Prof. Kunze nachgewiesen hat***), umgekehrt meist etwas zu kleine Zuwachsprozente, so daß der letztgenannte Autor (a. a. O.) an ihrer Stelle die genauer arbeitende und fast ebenso einfache Formel

$$p = \frac{M - m}{M(n - 1) + m(n + 1)} \cdot 200 \quad \ldots\ldots \quad (III)$$

in Vorschlag brachte.

Zieht man nur den Zeitraum eines einzigen Jahres in Betracht, so hat man n = 1 zu setzen und erhält nach Formel I und III gleichmäßig den Ausdruck

$$p = 100 \cdot \frac{M - m}{m} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (IV),$$

*) Preßler, Neue holzwirtschaftliche Tafeln, S. 202.
**) Schubert, Z. f. F. u. J. W. 1888, S. 472.
***) Kunze, Holzmeßkunst, S. 229.

während die aus (II) sich ergebende Gleichung $p = 100 \cdot \frac{M - m}{\frac{M + m}{2}}$ keinen Sinn mehr hat, da in diesem Falle nur die Anfangsgröße m als wachsendes Kapital in Frage kommen kann.

2. Das Durchmesser- und Flächenzuwachsprozent.*)

Das Durchmesserzuwachsprozent kann, ebenso wie das der Fläche, immer nur in Beziehung zu einem bestimmten Querschnitt des Stammes angegeben werden. Bei gefällten Bäumen kann hier jeder beliebige Querschnitt in Betracht kommen, man wird aber aus weiter unten ersichtlichen Gründen meistens den in halber Länge wählen, während bei stehenden Stämmen meist nur der in Brusthöhe benutzt werden kann.

Man erhält dann das Durchmesserzuwachsprozent, wenn man den jetzigen rindenlosen Durchmesser D**) und den früheren zu Beginn der n jährigen Periode in eine der obigen Formeln sinnentsprechend einsetzt. Man wird also, wenn wir uns in der Darstellung vorläufig auf die Preßlersche Formel beschränken,

$$p_d = \frac{D - d}{D + d} \cdot \frac{200}{n}$$

zu schreiben haben.

Den früheren Durchmesser mißt man bei gefällten (und zerschnittenen) Stämmen direkt ab, bei stehenden wird man mit Hilfe des Zuwachsbohrers die Breite b des n jährigen Holzringes ermitteln und dann $d = D - 2b$ setzen. Bei dieser Schreibweise geht dann die Formel über in

$$p_d = \frac{D - (D - 2b)}{D + (D - 2b)} \cdot \frac{200}{n} = \frac{b}{D - b} \cdot \frac{200}{n}.$$

Analog erhält man das Flächenzuwachsprozent p_g durch Einsetzen der auf irgend einem Wege ermittelten Grundflächen G und g, also

$$p_g = \frac{G - g}{G + g} \cdot \frac{200}{n}.$$

Drückt man die Flächen durch die Durchmesser aus, so erhält man, da sich $\frac{\pi}{4}$ streicht

$$p_g = \frac{D^2 - d^2}{D^2 + d^2} \cdot \frac{200}{n}.$$

*) Über das Höhenzuwachsprozent ist nichts besonderes zu sagen, da es sich einfach durch Benutzung einer der unter 1) angeführten Formeln ergiebt.

**) Abweichend von der sonst benutzten Schreibweise soll im nachstehenden Abschnitt mit D der größere Durchmesser eines Einzelbaumes bezeichnet und analog dann Δ, G und V gebraucht werden.

Es ist aber auch möglich, das Flächenzuwachsprozent direkt aus dem Durchmesserzuwachsprozent herzuleiten.

Mit Bezug auf den einjährigen Zuwachs läßt sich nämlich setzen

$$\frac{d}{D} = \frac{100}{100 + p_d} \text{ und ebenso}$$

$$\frac{g}{G} = \frac{100}{100 + p_g}.$$

Quadriert man die erste Proportion, multipliziert links Zähler und Nenner mit $\frac{\pi}{4}$ und dividiert gleichzeitig rechts oben und unten mit 100, so kommt

$$\frac{\frac{\pi}{4} d^2}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{g}{G} = \frac{100}{100 + 2 p_d + \frac{p_d^2}{100}}.$$

Ersetzt man dann noch die linke Seite $\frac{g}{G}$ durch den Ausdruck $\frac{100}{100 + p_g}$ entsprechend der 2. Proportion, so erhält man

$$\frac{100}{100 + p_g} = \frac{100}{100 + 2 p_d + \frac{p_d^2}{100}} \text{ und daraus endlich}$$

$$p_g = 2 p_d + \frac{p_d^2}{100}.$$

Der Wert $\frac{p_d^2}{100}$ kann aber gegenüber $2 p_d$, namentlich bei stärkeren Stämmen mit niedrigem p_d unbedenklich vernachlässigt werden, sodaß gilt:

$$p_g = 2 p_d$$

in Worten: Das Flächenzuwachsprozent ist doppelt so groß als das zugehörige Durchmesserzuwachsprozent. Die Preßlersche Formel wird dementsprechend auch

$$p_g = \frac{D - d}{D + d} \cdot \frac{400}{n}$$

geschrieben werden dürfen.

In etwas anderer Weise erhält man das Flächenzuwachsprozent mit Hilfe der Schneiderschen Formel

$$p_g = \frac{400}{nD}$$

worin n die Zahl der auf einen cm fallenden Jahrringe, D den gegenwärtigen Durchmesser bedeutet. Den Beweis dafür wolle man S. 365 nachsehen.

3. Das Massenzuwachsprozent.

Das Zuwachsprozent der Masse erhält man in derselben Weise wie die beiden soeben besprochenen Prozente, wenn man in eine der brauchbaren Formeln für M und m die Inhalte V am Ende und v am Anfang der Zuwachsperiode einsetzt, also z. B.

$$p_v = \frac{V - v}{V + v} \cdot \frac{200}{n};$$

doch ergeben sich unter bestimmten Voraussetzungen noch gewisse Vereinfachungen des Verfahrens, welche bei stehenden Stämmen sich anders gestalten als bei liegenden und darum gesondert betrachtet werden müssen.

a) Am gefällten Stamme.

Am gefällten Stamme läßt sich die Zuwachsprozentbestimmung auf dem Wege der Stammanalyse mit großer Schärfe durchführen. Der damit verbundene Aufwand an Arbeit macht das Verfahren aber nur für wissenschaftliche Zwecke geeignet, die Praxis wird sich meistens begnügen, V und v durch Kubierung aus der Stammmitte zu finden.

Macht man hierbei aber noch die Voraussetzung, daß während der Zuwachsperiode weder ein Höhen-, noch ein Formzuwachs stattfinde, d. h. legt man einen „zuwachsrecht entwipfelten" Stamm (Preßler) zu Grunde, so ergiebt sich die wesentliche Vereinfachung, daß am zuwachsrecht entwipfelten Stamme das Massenzuwachsprozent gleich dem Flächenzuwachsprozent in der Stammmitte ist.

Denn es ist

$$p_v = \frac{\Gamma 1 - \gamma 1}{\Gamma 1 + \gamma 1} \cdot \frac{200}{n} = \frac{\Gamma - \gamma}{\Gamma + \gamma} \cdot \frac{200}{n} = \frac{\Delta^2 - \delta^2}{\Delta^2 + \delta^2} \cdot \frac{200}{n}.$$

Der letzte Ausdruck stellt aber das Flächenzuwachsprozent p_γ der Stammmitte dar. Wählen wir für letzteres die S. 360 entwickelte Form, so gilt

$$p_v = \frac{\Delta - \delta}{\Delta + \delta} \cdot \frac{400}{n}.$$

Eine kleine Vereinfachung der Rechenarbeit bei Anwendung der letzten Formel ergiebt sich durch Benutzung der Preßlerschen Hilfstafeln*). Bezeichnet man nämlich nach Preßlers Vorschlag den Quotienten $\frac{\text{Durchmesser}}{\text{Zuwachs}} = \frac{\Delta}{z_\delta}$ als „relativen Durchmesser q, so ist

$$\frac{\Delta}{z_\delta} = q \text{ und daraus}$$

*) Preßler, Holzwirtschaftliche Tafeln Berlin 1872. I. Bd. 3. Abt. Taf. 23.

$$\Delta = q\, z_\delta \text{ und}$$

$$\delta = \Delta - z_\delta = q^2 \delta - q_\delta = z_\delta (q-1).$$

Setzt man diese Werte in die Gleichung

$$p_v = \frac{\Delta^2 - \delta^2}{\Delta^2 + \delta^2} \cdot \frac{200}{n}$$

ein, so erhält man als Zuwachsprozent nach rückwärts

$$p_v = \frac{q^2 - (q-1)^2}{q^2 + (q-1)^2} \cdot \frac{200}{n}.$$

Ganz analog erhält man für das Massenzuwachsprozent nach vorwärts, indem man den künftigen Durchmesser $\Delta + z_\delta = \Delta'$ und ebenso wie vorhin

$$\frac{\Delta}{\Delta' - \Delta} = \frac{\Delta}{z_\delta} = q \text{ setzt.}$$

$$p_v = \frac{(q+1)^2 - q^2}{(q+1)^2 + q^2} \cdot \frac{200}{n}.$$

Für alle Werte von q zwischen 2 und 200 hat nun Preßler die zugehörigen Zuwachsprozente nach vorwärts und rückwärts berechnet und in den genannten Tafeln zusammengestellt. Man hat dann nur nötig Δ und z_δ zu messen, daraus q zu berechnen und in der Tafel das zu diesem q gehörige njährige Prozent aufzusuchen. Diese letztere Zahl ist dann noch durch die Anzahl der Jahre der Zuwachsperiode zu dividieren, um daraus das gesuchte einjährige Zuwachsprozent p_v zu finden.

Im allgemeinen sind die mit dem Preßlerschen Verfahren erlangten Resultate als befriedigend zu bezeichnen. Kunze*) fand z. B. an einer 99jährigen Tanne für die einzelnen 5jährigen Entwickelungsperioden vom 50. Jahre an den Unterschied gegenüber dem genauen p_v aus Sektionsmessung zwischen + 1,02 und — 0,36, Herndl und Kellner**) einen solchen zwischen + 0,3 und — 0,1, ähnlich Täger***), Gerhard†), weniger günstig erscheinen dagegen die Untersuchungen von Dr. Th. Nördlinger††). Dabei stellte sich heraus, daß man die Meßstelle etwas unterhalb der eigentlichen zuwachsrechten Mitte suchen müsse, weswegen schon Preßler vorschlug, den Stamm nicht nur um n, sondern um 1,3 — 1,5 n Jahrestriebe zu verkürzen. Bei alten Stämmen dagegen scheint die richtige Stelle wieder etwas höher, mehr nach der Mitte des unentwipfelten Stammes zu liegen. Schwappach†††) fand z. B. für

*) Holzmeßkunst S. 232.
**) Th. f. J. 1871 S. 122.
***) A. F. u. J. Z. 1867 S. 170.
†) A. F. u. J. Z. 1893 S. 251.
††) Das. 1884 S. 265.
†††) Z. f. F. u. J. 1888 S. 467.

10—12jährige Perioden dieselbe im Durchschnitt an 63jährigen Buchen bei 0,46, an 40jährigen Kiefern bei 0,435, an 97jährigen bei 0,52 und an 133jährigen Kiefern bei 0,47 der Scheitelhöhe.

b) Am stehenden Stamme.

Am stehenden Baume kann der Form- und Höhenzuwachs meistens nur schätzungsweise, der Flächenzuwachs nur in den untersten Stammpartien ermittelt werden. Infolge dessen muß man auch von jeder genauen Methode der Ermittelung des Massenzuwachsprozentes absehen und sich mit einer aus dem Durchmesserzuwachs in Brusthöhe abgeleiteten Näherungsformel begnügen.

α) Das Preßlersche Verfahren.

1. Die untere Grenze des Massenzuwachses ist gegeben, wenn weder Höhen- noch Formzuwachs stattfindet. In diesem Falle aber ist

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 h f \text{ und } v = \frac{\pi}{4} d^2 h f,$$

sodaß sich p_v berechnet zu

$$p_v = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 h f - \frac{\pi}{4} d^2 h f}{\frac{\pi}{4} D^2 h f + \frac{\pi}{4} d^2 h f} \cdot \frac{200}{n} = \frac{D^2 - d^2}{D^2 + d^2} \cdot \frac{200}{n},$$

die untere Grenze des Massenzuwachsprozentes (bei fehlendem Höhen- und Formzuwachs) ist gleich dem Flächenzuwachsprozent in Brusthöhe oder auch gleich dem doppelten Stärkezuwachsprozent daselbst. Führt man auch hier den relativen Durchmesser q wie oben ein, so erhält man analog

$$p_v = \frac{q^2 - (q-1)^2}{q^2 + (q-1)^2} \cdot \frac{200}{n}.$$

2. Läßt man den unkontrollierbaren Formzuwachs außer acht und nimmt man einen dem Stärkezuwachse proportionalen Höhenzuwachs an, so ist

$$h : H = d : D$$

oder

$$H = h \frac{D}{d}.$$

Hieraus ergiebt sich

$$V : v = \frac{\pi}{4} D^2 h \frac{D}{d} f : \frac{\pi}{4} d^2 h f$$

oder

$$V : v = D^3 : d^3$$

also auch

$$\frac{V - v}{V + v} = \frac{D^3 - d^3}{D^3 + d^3}.$$

Demgemäß erhält man als Zuwachsprozent für diesen Fall

$$p_v = \frac{D^3 - d^3}{D^3 + d^3} \cdot \frac{200}{n}$$

beziehungsweise

$$p_v = \frac{q^3 - (q-1)^3}{q^3 + (q-1)^3}.$$

Es läßt sich hierfür aber auch eine Beziehung zum Stärkezuwachsprozent nachweisen. Es war, wie wir eben sahen,

$$V : v = D^3 : d^3;$$

drücken wir nun das Verhältnis der Durchmesser D und d mit Hilfe ihres Zuwachsprozentes p_d aus, also

$$D : d = (100 + p_d) : 100,$$

so ergiebt sich

$$V : v = (100 + p_d)^3 : 100^3$$

oder

$$V : v = (100^3 + 3 \cdot 100^2 p_d + 3 \cdot 100 \cdot p_d^2 + p_d^3) : 100^3.$$

Kürzen wir mit 100^2, so kommt

$$V : v = \left(100 + 3p_d + \frac{3p_d^2}{100} + \frac{p_d^3}{100^2}\right) : 100.$$

Es dürfen aber $\frac{3p_d^2}{100}$ und $\frac{p_d^3}{100^2}$ als kleine Größen vernachlässigt werden, so daß man erhält

$$V : v = (100 + 3p_d) : 100.$$

Hierin muß aber $3p_d$ das Massenzuwachsprozent darstellen, so daß näherungsweise der Satz gilt:

Ist bei fehlendem Formzuwachs der Höhenzuwachs proportional dem Stärkenzuwachs, so ist das Massenzuwachsprozent gleich dem 3fachen Durchmesserzuwachsprozent.

3. Zwischen den beiden Fällen unter 1 und 2 sind nun selbstverständlich auch Zwischenstufen vorhanden, ebenso muß bei noch lebhafterem Höhenzuwachs als angenommen, oder bei entstehendem Formzuwachs das Massenzuwachsprozent noch mehr als das 3fache von p_d betragen. Wäre man imstande, diese Verhältnisse hinreichend sicher anzusprechen, so ließe sich daraus eine einfache und bequeme Methode der Entwickelung des p_v aus dem p_d in Brusthöhe ableiten. Preßler glaubte hierzu die Höhe des Kronenansatzes und den geschätzten Grad der Wuchsfreudigkeit, insbesondere den Höhenzuwachs, benutzen zu können und gab infolgedessen folgende Regel.*)

*) Preßler-Neumeister, Gebrauchsanweisung zum Zuwachsbohrer 1898, S. 23.

Zur Ermittelung des Massenzuwachsprozentes p_v multipliziere das Durchmesserzuwachsprozent in Brusthöhe p_d mit den Faktoren

bei dem Kronenansatze	und bei dem Höhenwuchs			
	scheinbar fehlend	mittelmäßig	voll	übervoll
in $\frac{h}{2}$ und tiefer	2,33	2,67	3,00	3,0—3,33
zwischen $\frac{h}{2}$ und $\frac{3}{4}h$	2,50	2,66—3,00	3,00—3,33	3,33
in $\frac{3}{4}h$ und höher	2,67	3,00	3,3—3,5	3,33—3,5

Leider sind aber in Wirklichkeit die Beziehungen des p_v zu den als Anhalt benutzten Wachstumskennzeichen nicht so einfacher und regelmäßiger Natur. So fällt z. B. die Kulmination des laufenden z_v häufig in jene Zeitperiode, in welcher das Höhenwachstum bereits nachgelassen hat. Ferner schwankt das Durchmesserzuwachsprozent in Brusthöhe im Verhältnis zu p_v viel erheblicher als irgend ein anderes, höher gelegenes p_d, es machte daher Storp*) den Vorschlag, das p_d in größerer Höhe, etwa bei 4,0 m, zu ermitteln, oder aber zur Ermittelung des Verhältnisses zwischen p_d bei 1,3 m und p_v sich einiger gefällter Probestämme zu bedienen, an denen letzteres durch sektionsweises Messen festgestellt wird. Kunze**) fand, daß bei längeren Zuwachsperioden von 10—15 Jahren die Preßlerschen Zuwachsstufen bei Fichte recht gute Dienste leisteten, dagegen bei Buche an den herrschenden Stämmen zu große, an den unterdrückten aber zu kleine Werte lieferten.

Um auch für die zuletzt behandelten Fälle die Annehmlichkeit der Rechnung nach dem relativen Durchmesser benutzen zu können, hatte Preßler in der bereits erwähnten Tafel 23 seiner Holzwirtschaftlichen Tafeln das p_v auch für die relativen Durchmesser $2^1/_3$, $2^2/_3$, 3 und $3^1/_3$ berechnet.

β) Die Schneidersche Zuwachsformel.

Die bereits erwähnte Schneidersche Formel für das Massenzuwachsprozent lautet

$$p_v = \frac{k}{n\,D}.$$

Hierin bedeutet D den jetzigen Durchmesser in Brusthöhe, n die Anzahl der

*) F. Bl. 1889, S. 321.
**) Th. f. J. 1888, S. 110.

Jahresringe, welche auf 1 cm Ringbreite gehen, und k eine Konstante, die zwischen 400 und 800 schwankt.

Die Formel rührt von dem Professor an der Forstakademie Eberswalde, Schneider, her, der sie schon 1849 vorgetragen (F. Bl. 1886, S. 156), aber erst 1853 im Jahrbuch zum Forst- und Jagdkalender für Preußen in der Form $\frac{400}{nD}$ veröffentlicht hat. Sie wurde 1854 von Oberf. W. Jäger („Holzbestandsregulierung" 1854), später von Stötzer, Z. f. F. u. J. 1880, S. 437, und vielen Anderen eingehend behandelt.

Beweis. Ist die Breite eines Jahrringes $= \frac{1}{n}$ cm, der jetzige Durchmesser $= D$, so war letzterer vor einem Jahre $= D - 2 \cdot \frac{1}{n}$. Somit ist, wenn wir, wie bei der Preßlerschen Formel, die Voraussetzung des fehlenden Höhen- und Formzuwachses gelten lassen, der einjährige Zuwachs

$$V - v = \frac{\pi}{4} D^2 hf - \frac{\pi}{4}\left(D - \frac{2}{n}\right)^2 hf$$

und demgemäß das Massenzuwachsprozent

$$p_v = 100 \cdot \frac{\frac{\pi}{4} hf\left[D^2 - \left(D - \frac{2}{n}\right)^2\right]}{\frac{\pi}{4} D^2 hf}$$

$$= 100 \cdot \frac{\left(4\frac{D}{n} + \frac{4}{n^2}\right)}{D^2}$$

$$= \frac{400}{nD} - \frac{400}{n^2 D^2}$$

und zwar nach rückwärts und bezogen auf den gegenwärtigen Durchmesser D. Nach vorwärts berechnet sich ebenso

$$p_v = 100 \cdot \frac{\frac{\pi}{4} hf\left(D + \frac{2}{n}\right)^2 - \frac{\pi}{4} hfD^2}{\frac{\pi}{4} hfD^2}$$

$$= \frac{400}{nD} + \frac{400}{n^2 D^2}$$

sodaß man als Mittelwert die Form

$$p_v = \frac{400}{nD}$$

annehmen kann. Dieser Ausdruck repräsentiert, wie bereits S. 360 bemerkt, gleichzeitig das Flächenzuwachsprozent.

Setzt man, wie vorhin, Höhenzunahme proportional der Durchmesserzunahme voraus, so gilt

$$V : v = D^3 : d^3,$$

also auch

$$\frac{V - v}{V} = \frac{D^3 - d^3}{D^3},$$

so daß man analog

$$p_v = \frac{600}{nD} \mp \frac{1200}{n^2 D^2} \pm \frac{800}{n^3 D^3},$$

als Mittel also

$$p_v = \frac{600}{nD}$$

erhält.

Nimmt man ein noch stärkeres Höhenwachstum im Verhältnis $H : h = D^2 : d^2$ an, so ergiebt sich auf demselben Wege

$$p_v = \frac{800}{nD}.$$

Der Gebrauch dieser Formel wäre äußerst einfach, man hätte nämlich nur den jetzigen Durchmesser D und mittels eines Zuwachsbohrers die Zahl der auf 1 cm kommenden Jahresringe festzustellen und könnte daraus p_v berechnen, wenn man über den Wert der Konstante k orientiert wäre. Allein hier stößt man auf dieselbe Schwierigkeit, wie bei dem Preßlerschen Verfahren bezüglich des Faktors g. Sicher ist nur, daß k = 400 in den allermeisten Fällen viel zu wenig giebt und daß die Versuche, diese Zahl auf dem Wege empirischer Untersuchung festzustellen, durchaus kein befriedigendes und übereinstimmendes Resultat gezeitigt haben. So fand z. B. für k

Wimmenauer	bei	Buche	440—562	(A. F. u. J. Z. 1885 S. 122)
Schwappach	„	„	457—928	(Z. f. F. u. J. 1888 S. 467)
Storp	„	Kiefer	500—580	(F. Bl. 1889 S. 326)
Borggreve	„	Buche	480	(Forstabschätzung S. 48)
Stötzer	„	„	613	(Z. f. F. u. J. 1880 S. 457)
Fricke	„	Fichte	605	(Z. f. F. u. J. 1890 S. 336)
Gerhard	„	Buche	544	(A. F. u. J. Z. 1893 S. 253)
	„	Kiefer	540	
	„	Fichte	546	
	„	Eiche	460	
	„	Tanne	618.	

Dabei hat sich auch ein zuverlässiger Zusammenhang der Konstanten weder mit der Bonität, noch mit der Formzahl oder dem Höhenzuwachs, auch nicht mit dem Alter nachweisen lassen, so daß man auch bei Benutzung der angeführten empirischen Werte für k mit beträchtlichen Fehlern rechnen muß und die

Schneidersche Formel als zuverlässiges Taxationsmittel nicht empfohlen werden kann.

Von anderen Vorschlägen zur Verbesserung der Schneiderschen Formel seien erwähnt:

Storp will, wie bei der Preßlerschen Formel, für jede einzelne Untersuchungsreihe die Konstante auf Grund einiger an gefällten Stämmen vorgenommenen genauen Ermittelungen korrigieren (F. Bl. 1889, S. 327).

Schumacher will die Formzahl mit in Berücksichtigung ziehen, indem er schreibt $p_v = \frac{400}{n D \sqrt{f}}$. Diese Korrektur vollzieht sich ziemlich einfach, auch ist ein Irrtum in der Formzahl nicht sehr von Belang, da die Wurzeln der am häufigsten vorkommenden Formzahlen ungefähr nur zwischen 0,7 und 0,8 schwanken (F. Bl. 1891 S. 129).

Kalk will das p_v aus dem p_g in Brusthöhe unter Berücksichtigung der Veränderungen in der Formhöhe ableiten. Sein Verfahren bedarf dazu aber der Sektionsmessung und stellt außerdem, ganz abgesehen von der Umständlichkeit der logarithmischen Rechnung, zugleich einen Umweg dar, da die Formel

$$p_v = p_g \frac{\log V - \log v}{\log G - \log g}$$

benutzt werden soll, also die Inhalte V und v berechnet werden müssen, was man ja gerade vermeiden will. (Kalk, Der Zuwachs an Baumquerflächen u. s. w. Berlin 1889.)

Beispiel. Wir benutzen als Beispiel die S. 350 analysierte 47jährige Fichte. Bei derselben berechnet sich das Zuwachsprozent für die letztverflossene 10jährige Periode wie folgt:

a. Für den liegenden Stamm.

1. Nach dem Sektionsverfahren.

Genau. Es war V ohne Rinde = 0,2830 fm, vor n = 10 Jahren v = 0,1432 fm, also

$$p_v = 100 \cdot \left(\sqrt[n]{\frac{V}{v}} - 1 \right) = 100 \left(\sqrt[10]{\frac{0{,}2830}{0{,}1432}} - 1 \right) = 7{,}05\,\%.$$

Nach der Preßlerschen Formel

$$p_v = \frac{V - v}{V + v} \cdot \frac{200}{n} = \frac{0{,}2830 - 0{,}1432}{0{,}2830 + 0{,}1432} \cdot 20 = 6{,}56\,\%.$$

Nach der Kunzeschen Formel

$$p_v = \frac{V - v}{V(n-1) + v(n+1)} \cdot 200 = \frac{0{,}2830 - 0{,}1432}{0{,}2830 \cdot 9 + 0{,}1432 \cdot 11} \cdot 200 = 6{,}78\,\%.$$

2. Nach der Mittenmessung.

a) Gewöhnliche Mittenmessung. Der Stamm in seiner jetzigen Gestalt hat ein L = 18 m; Δ_9 bei 9 m = 140 mm und Γ_0 = 154 qcm. Vor 10 Jahren hatte er ein l = 14 m; δ_7 bei 7 m = 107 mm und γ_7 = 90 qcm. Hieraus berechnet sich V = 0,2772 fm und v = 0,1260 fm.

Hieraus nach $\frac{V - v}{V + v} \cdot \frac{200}{n}$; $p_v = \frac{0{,}1512}{0{,}4032} \cdot 20 = 7{,}5\,\%$.

β) Am zuwachsrecht entwipfelten Stamme ist $l = 14$ m; A_7 bei 7 m $= 160$ mm, $I_7 = 201$ qcm und $\delta_7 = 107$ mm, $\gamma_7 = 90$ qcm.

Das Durchmesserzuwachsprozent wäre

$$p_d = \frac{160 - 107}{160 + 107} \cdot 20 = 3{,}93\,\%.$$

Das Flächenzuwachsprozent ist doppelt so groß, also

$$p_g = 7{,}86\,\%.$$

Dieser letztere Wert ist aber gleichzeitig auch dem Massenzuwachsprozent gleich, also

$$p_v = 7{,}86\,\%,$$

was mit dem oben gefundenen Wert 7,5 % ziemlich übereinstimmt.

b) Für den stehenden Stamm.

Müßte man die Zuwachsprozente für den stehenden Stamm berechnen, so wäre gemessen worden

$D = 201$ mm; $G = 317$ qcm und $d = 171$ mm; $g = 230$ qcm.

Hieraus

$$p_d = \frac{201 - 171}{201 + 171} \cdot 20 = 1{,}61\,\%$$

$p_g = 2\,p_d = 3{,}22\,\%$ oder, besonders berechnet:

$$p_g = \frac{317 - 230}{317 + 230} \cdot 20 = 3{,}18\,\%.$$

Behufs Ermittelung des Massenzuwachsprozentes wäre zu berücksichtigen, daß sich der Baum in der Periode vollster Höhenentwickelung befindet, auch aus einem geschlossenen Bestande (hochangesetzte Krone) herstammt, so daß man beim Preßlerschen Verfahren p_d mit dem Faktor 3,33, ja vielleicht mit 3,5 zu multiplizieren hätte, dann erhielte man

nach Preßler $p_v = 1{,}61 \cdot 3{,}33 = 5{,}31$ bezw. $5{,}64\,\%$.

Nach der Schneiderschen Formel. Auf die Durchmesserdifferenz $201 - 171 = 30$ mm fallen 10 Jahresringe, somit ist die Breite eines Jahrringes $= 1{,}5$ mm, und es gehen 6,7 auf 1 cm. D war 201 mm. Wählen wir die Konstante $k = 600$, so ist

nach Schneider $p_v = \frac{600}{6{,}7 \cdot 20{,}1} = 4{,}46\,\%$.

Zweites Kapitel.

Die Zuwachsermittelung am Bestande.

Allgemeine Vorbemerkungen.

Der forstliche Praktiker wird verhältnismäßig selten in die Lage versetzt, Zuwachsbestimmungen am einzelnen Stamme vornehmen zu müssen, in den meisten Fällen erfolgen diese zu wissenschaftlichen Zwecken. Thut er es aber doch einmal, so geschieht das in der Regel, um daraus den Zuwachs eines

ganzen Bestandes zu finden, eine Aufgabe, welche um so häufiger an ihn herantritt. Abgesehen nämlich von etwa vorkommenden Werts- oder Rentabilitätsberechnungen ist die Kenntnis des Bestandszuwachses für die Forsteinrichtung eine notwendige Voraussetzung. Allerdings je nach den angewendeten Forsteinrichtungsmethoden nicht immer in gleichem Umfange. Während die alten Massenfachwerker den Zuwachs auf eine ganze Umtriebszeit und länger vorausbestimmten, begnügen sich die neueren Fachwerkssysteme, ihn nur für wenige Jahrzehnte und zum Teil auch nur summarisch zu berechnen, und während er andererseits bei den sogenannten Formelmethoden ein unbedingt notwendiges Glied der Rechnung ist, benutzen ihn die auf der Bestandswirtschaft fußenden Verfahren nur mehr oder minder als allgemeinen Anhalt und können demgemäß seine speciellere Berechnung etwas einschränken. Aber ganz entbehren kann seine Kenntnis kein Forsteinrichter, so daß solche Ermittelungen zu den ständig wiederkehrenden Aufgaben des Forstmannes gehören.

Ein prinzipieller Unterschied hierbei gegenüber den Zuwachsuntersuchungen am Einzelbaume besteht nicht, denn der Zuwachs eines Bestandes ist gleich der Summe des Zuwachses sämtlicher einzelnen Stämme. Doch ergeben sich gewisse Unterschiede in anderer Beziehung.

Den oben angedeuteten Verwendungszwecken entsprechend interessiert uns in den meisten Fällen weniger der in der Vergangenheit erfolgte, als vielmehr der künftige Zuwachs, und wir stehen fast immer vor der, durch Messungen allein nicht lösbaren, Aufgabe, künftige Zuwachsgrößen anzugeben. Wir müssen hierbei die Schätzung zu Hilfe nehmen und werden infolgedessen selbst bei Anwendung der zuverlässigsten Schätzungshilfsmittel oft großen Irrtümern ausgesetzt sein. Aber auch wenn wir uns nur das einfachere Ziel stecken, am Bestande den thatsächlich bereits erfolgten Zuwachs ermitteln zu wollen, stoßen wir auf Schwierigkeiten, wie wir sie beim Einzelbaume nicht vorfinden. Denn es ist unmöglich, den Zuwachs an sämtlichen Stämmen selbst eines nur kleinen Bestandes zu bestimmen. Wir können dies nur an einer größeren oder kleineren Anzahl von Probestämmen thun und haben dabei keinen absolut sicheren Anhalt, ob dieselben auch den durchschnittlichen Zuwachs des Bestandes repräsentieren. Verhältnismäßig sicher läßt sich noch der Höhenzuwachs feststellen, ebenso der Grundflächenzuwachs. Dagegen muß die Ermittelung des Volumzuwachses stets mit einer sehr schwer kontrollierbaren Fehlermöglichkeit behaftet bleiben.

Diese nicht zu beseitigende Unsicherheit übt nun aber ihrerseits einen Einfluß auf die Wahl der bei der Ermittelung zu benutzenden Methode aus, in der Richtung nämlich, daß man meist auf umständliche Messungen zu Gunsten einfacherer Näherungsverfahren Verzicht leistet. So darf z. B. in vielen Fällen an Stelle des laufenden Zuwachses der leichter zu bestimmende

Altersdurchschnittszuwachs gesetzt werden. Unter Berücksichtigung aller dieser Verhältnisse ergeben sich dann für die Zuwachsermittelung an Beständen die folgenden vier Methoden.

Die Methoden der Zuwachsermittelung am Bestande.

1. Durch Messung am Bestande selbst.

Der sicherste Weg zur Ermittelung des Zuwachses im Bestande wäre seine Messung an jedem einzelnen Stamme. Bezüglich des Grundflächenzuwachses ist dies auch durch eine nach Verlauf einiger Jahre wiederholte Kluppierung ohne Schwierigkeit möglich. Anders ist es dagegen beim Höhen- und vor allem beim Massenzuwachs. Bei deren Ermittelung muß man aus praktischen Gründen einen ähnlichen Weg einschlagen, wie die im Vorausgegangenen besprochenen Massenermittelungsmethoden, d. h. man kann diese Zuwachsgrößen nur an einer Anzahl von Probestämmen erheben und wird sich hierbei im allgemeinen an jene Bestandsaufnahmemethoden anschließen. Nur muß man hierbei folgende wichtige Umstände nicht außer acht lassen.

Je mehr Durchmesserstufen die Stammgruppe, welche durch einen Probestamm repräsentiert wird, umfaßt, desto weniger wird derselbe Anspruch haben, zugleich den mittleren Zuwachs darzustellen, mag er auch die mittlere Masse genau wiedergeben. Denn derartige Mittelstämme pflegen meist aus früher vorherrschenden Stammklassen hervorgegangen zu sein und müssen daher in der Regel einen vom Durchschnitt abweichenden Wachstumsgang aufweisen. Ein einzelner Stamm kann den Zuwachsgang des Bestandes, dem er angehört, für die ganze Entwickelungsdauer überhaupt nicht und für kürzere Perioden nur zufällig richtig darstellen. Infolgedessen ist der Bestandsmittelstamm für Zuwachsuntersuchungen ganz ungeeignet und auch die Klassenmittelstämme werden meist kein genaues Bild geben.

Am besten ist es also, von den Durchmesserstufen direkt auszugehen. Dann gestaltet sich die Zuwachsuntersuchung wie folgt: Man kluppiert den Bestand, mißt die Höhen der einzelnen Durchmesserstufen und berechnet ihre Massen in der bekannten Weise. Sodann wird in jeder Durchmesserstufe an einigen Probestämmen der Zuwachs nach irgend einem der oben geschilderten Verfahren ermittelt, je nach dem verlangten Genauigkeitsgrad durch Sektionsmessung, zuwachsrechte Mittenmessung oder auch stehende Aufnahme. Die Summen der Produkte aus dem so gefundenen Zuwachs mit den zugehörigen Stammzahlen giebt den Zuwachs Z des ganzen Bestandes. Da man außerdem seinen Gesamtinhalt kennt, so erhält man auch sofort das Bestandszuwachsprozent, auf das später noch einmal zurückzukommen sein wird.

Wesentlich vereinfacht wird das Geschäft, wenn man den zu untersuchenden Bestand zweimal, am Ende und am Anfang der Zuwachsperiode, aufnehmen

kann, weil dann die Untersuchung des Zuwachses an den Einzelstämmen in Wegfall kommt, da der letztere sich einfach als Differenz der gefundenen Massen ergiebt.

Diese direkte Ermittelung gewährt die sichersten und genauesten Resultate und bietet deswegen oft den zweckmäßigsten Weg. Sie ist insonderheit auch anwendbar zur Beurteilung des künftigen Zuwachses für kürzere Perioden, während man für länger dauernde Zeiträume oder für fern liegende spätere Perioden lieber zur Benutzung des nachstehenden Verfahrens greifen wird.

2. Mit Hilfe von Zuwachs- oder Ertragstafeln.

a) Begriff und Bedeutung der Ertragstafeln.

Wäre man im Besitze von Aufzeichnungen, welche den gesamten Entwickelungsgang eines Bestandes Jahr für Jahr ziffernmäßig darstellen, so könnte man mit Hilfe dieser Zahlenreihe auch für jedes beliebige Jahr den Zuwachs eines zweiten Bestandes angeben, von welchem man vollständige Übereinstimmung mit jenem voraussetzen darf. Derartige Zahlenwerke besitzt aber die Forstwissenschaft, man nennt sie Zuwachs- oder Ertragstafeln.

Unter Ertragstafeln versteht man die tabellarische Darstellung des Holzgehaltes und des Zuwachses eines 1 ha großen, vollständig normal entwickelten Bestandes, sowie der die Masse bedingenden Faktoren (Stammzahl, Mittelhöhe, Mitteldurchmesser, Stammgrundfläche, Formzahl u. s. w.) für die einzelnen Altersstufen, getrennt nach Holzarten und Bonitäten sowie nach Haupt- und Nebenbestand.

Als normal entwickelt gilt ein Bestand dann, wenn er bei nicht zu kleinem Flächeninhalte (mindestens 0,25 ha) durchaus vollkommen bestockt ist und unter geeigneter wirtschaftlicher Behandlung im wesentlichen ungestört aufgewachsen ist; Normalerträge.

Die wirklichen Erträge der Bestände eines Waldes in seiner gewöhnlich vorhandenen Beschaffenheit, die Realerträge, pflegen aber im Durchschnitt infolge mangelhafter Bestockung von letzteren nach unten abzuweichen, während man andererseits auch einmal auf kleinen Flächen noch höhere, der Standortsgüte vollständig entsprechende Höchstleistungen, Idealerträge, vorfinden wird. Als Kriterium der normalen Bestockung kann im allgemeinen ein lückenloser Kronenschluß angesehen werden. Da aber bei solchem Waldzustande immer noch eine recht verschieden starke Bestockung vorhanden sein kann, so läßt sich im voraus eine bestimmte Angabe und Forderung hierüber nicht machen, und man muß dem geübten praktischen Blicke die endgültige Entscheidung überlassen. Im Grunde genommen kann aber die Normalität

nur durch Vergleich mit anderen Beständen (als die Höchstleistung des Standorts) konstatiert werden.

Stellen derartige Ertragstafeln die Durchschnittsresultate sehr zahlreicher, in verschiedenen Wachstumsgebieten vorgenommener Untersuchungen dar, so nennt man sie allgemeine Ertragstafeln, während man diejenigen, welche nur für ein kleines abgegrenztes Wirtschaftsgebiet mit gleichartigen Wuchsverhältnissen aufgestellt worden sind, als Lokalertragstafeln bezeichnet.

Sehr anschaulich läßt sich der Entwickelungsgang eines Bestandes auf graphischem Wege in einer Kurve darstellen, deren Abscissen das Alter und deren Ordinaten die jeweiligen Massen ausdrücken.

b) Geschichtliches und Litteratur.

Die ersten Ertragstafeln wurden 1787 von Paulsen aufgestellt und 1795 veröffentlicht*), nachdem vor diesem schon Öttelt und noch früher Reaumur ähnliche Vorschläge gemacht hatten. Von jener Zeit an, die ja überhaupt den Beginn der Entwickelung einer forstlichen Wissenschaft darstellt, veröffentlichen nun zahlreiche Autoren die Resultate ihrer eigenen, meist nicht sehr umfangreichen Untersuchungen. So Hennert 1791 in seiner „Anweisung zur Taxation der Forsten", gleichzeitig 1795 G. L. Hartig in seinem bekannten, gleichbetitelten Werke. Nachdem dann noch H. v. Cotta im „Waldbau" die Erfahrungen einer dreißigjährigen Beobachtung niedergelegt, Hoßfeld**) und Huber***) Methoden der Aufstellung gelehrt hatten, folgten seit den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts zahlreiche neue Publikationen, meist aber mit demselben Mangel, mit ungenügender Grundlage. Genannt seien z. B. Hundeshagen (Beiträge zur ges. F.-W. 1824 und 1825), Smalian (Allgem. Holzertragstafeln für den Abtriebsertrag 1837), die badische Forstverwaltung (Erfahrungen über den Holzgehalt geschlossener Waldbestände 1840), König (Forsttafeln zur Ausmessung u. s. w. 1840 und Forstmathematik 1835), Th. Hartig (Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rotbuche 1847), Burckhard (Hilfstafeln für Forsttaxatoren 1856). In die Übergangszeit bis zu dem Erscheinen der modernen Ertragstafeln fallen die Arbeiten von Preßler auf diesem Gebiete (Forstliche Ertrags- und Bonitierungstafeln 1870), auch die von R. Hartig.

Alle diese Arbeiten sind aber überholt worden, seitdem der Ver. deutsch. f. Vers. Anst. 1876 die Aufstellung von Ertragstafeln nach einheitlichen Grundsätzen in die Hand nahm. Historische Notizen hierüber wolle man nachsehen

*) Kurze praktische Anleitung zum Forstwesen u. s. w. Verfaßt von einem Forstmanne, herausgegeben vom Kammerrat G. F. Führer 1795, II. Aufl. 1797.

**) Forsttaxation I S. 288.

***) Behlen, Zeitschr. f. d. F. u. J.-W. II. 3. 1824.

in Ganghofer, das forstliche Versuchswesen I. S. 453 und II. 273, ebenda auch II. 414 eine vollständige Litteraturübersicht für die Zeit von 1872 bis 1884. Angeregt durch diese Untersuchungen hat sich nun in den letzten 20 Jahren auf dem Gebiete der Zuwachslehre eine litterarische Thätigkeit entfaltet, wie wir sie in keinem andern der ganzen Forstwissenschaft antreffen. Es ist deswegen unthunlich, auch nur die wichtigsten Veröffentlichungen, die sich in der Zeitschriftenlitteratur zerstreut vorfinden, hier anzuführen und es seien im nachstehenden nur noch die meist als selbständige Werke erschienenen Ertragstafeln für die hauptsächlichsten Holzarten angeführt, bei welcher Gelegenheit man gleichzeitig die Namen der Autoren ersehen wolle, welche sich vornehmlich diesem Teile der forstlichen Forschungen zugewendet haben.

Kiefer.

Weise, Ertragstafeln für die Kiefer, Berlin 1880.

Schwappach, Neuere Untersuchungen über Wachstum und Ertrag normaler Kieferbestände in der norddeutschen Tiefebene, Berlin 1896. Ders. A. F. u. J. Z. 1886 S. 329.

Kunze, Th. f. J. Suppl. III 1884 und VI 1890.

Philipp, Ertragstafeln für die Forle, A. F. u. J. Z. 1893 S. 37.

Kunze, Über den Einfluß der Anbaumethode auf den Ertrag der gem. Kiefer. Th. f. J. 1893 S. 1 u. 1898 S. 1.

Speidel, Ertragsuntersuchungen in Forchenbeständen Württembergs.

Fichte.

v. Lorey, Ertragstafeln für die Fichte, Frankfurt 1899.

Schwappach, Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände. Berlin 1890.

Kunze, Beiträge zur Kenntnis des Ertrages der Fichte auf normal bestockten Flächen. Th. f. J. 1877 Suppl. 1.

Ders., Th. f. J. 1884, Suppl. III. 18.

Ders., Th. f. J. 1888, Suppl. IV. 45.

v. Baur, Die Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. Stuttgart 1876.

Weißtanne.

v. Lorey, Ertragstafeln für die Weißtanne, Frankfurt I. Aufl. 1884, II. Aufl. 1897.

Schuberg, Aus deutschen Forsten I. Die Weißtanne bei der Erziehung in geschlossenen Beständen, Tübingen 1888.

Rotbuche.

Schwappach, Wachstum und Ertrag normaler Rotbuchenbestände, Berlin 1893.

Wimmenauer, Wachstum und Ertrag der Rotbuche in Oberhessen. Grünberg 1893. Vergl. auch A. F. u. J. Z. 1893 S. 300.

Schuberg, Aus deutschen Forsten II. Die Rotbuche. Tübingen 1894.
Kunze. Beiträge zur Kenntnis der Rotbuche in Bezug auf Form und Ertrag. Th. f. J. 1890. Suppl. VI.
v. Baur, Die Rotbuche in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. Stuttgart 1881.
Eberhard, Ertragsuntersuchungen in Buchenbeständen, A. F. u. J. Z. 1899 S. 160.

Eiche.

Wimmenauer, Ertragstafel für geschlossene Eichenhochwaldbestände (für Hessen). A. F. u. J. Z. 1900 S. 2.
Hartig, Untersuchungen über Wachstumsgang und Ertrag der Eichenbestände des Spessarts. F. nat. Ztschr. 1893, S. 249.
Walther, A. F. u. J. Z. 1886 S. 288.
Schuberg, A. F. u. J. Z. 1884, Suppl. XII. S. 82.

Verschiedene Holzarten.

Mittelwald, Schuberg, Zur Betriebsstatistik im Mittelwalde. Berlin 1898.
Weymouthskiefer, A. F. u. J. Z. 1890 S. 206. Z. f. F. u. J. 1890 S. 321, 1896 S. 215.
Esche, F. Zbl. 1888 S. 1.
Edelkastanie, Ö. F. 1889 S. 209.
Kanadische Pappel, A. F. u. J. Z. 1895 S. 343. F. nat. Z. 1893 S. 89.
Esche, Ulme, Ahorn, Hornbaum, Birke, Erle, Linde Z. f. F. u. J. 1889 S. 22.

Zu erwähnen sind von älteren Tafeln vielleicht noch Feistmantels Waldbestandstafeln für Österreich.

c) Die Aufstellung der Ertragstafeln.*)

Der naheliegende Gedanke, eine Ertragstafel dadurch zu gewinnen, daß man die Entwickelung eines Bestandes von seiner Begründung bis zu seiner Ernte verfolgt, indem man seine Masse jährlich oder in längeren Zwischenräumen aufnimmt und übersichtlich zusammenstellt, läßt sich praktisch nicht verwirklichen, weil die auf diese Weise erforderliche Zeit viel zu lange währen würde, und weil in dieser langen Zeit der Bestand möglicherweise einer

*) Es kann nicht die Aufgabe eines vorzugsweise für Studierende bestimmten Lehrbuches sein, die Aufstellung von Ertragstafeln eingehend zu besprechen. Infolgedessen soll dieser Abschnitt, abweichend von der sonst befolgten Darstellungsweise, nur ganz summarisch und ohne specielle Litteraturnachweise behandelt werden. Bezüglich der letzteren muß auf die bereits angeführten Werke, sowie auf die gesamte Zeitschriftenlitteratur verwiesen werden.

wechselnden, ganz verschiedenartigen Bewirtschaftung unterzogen, vielleicht auch überhaupt als Probebestand gänzlich untauglich werden würde.

Man ist daher genötigt, zur Gewinnung der Ertragstafelreihe für einen jeden Gütegrad (Bonität) viele verschieden alte Bestände gleichzeitig zu untersuchen und bedarf infolgedessen eines Mittels, eines Weisers, mit dessen Hilfe man die Zugehörigkeit dieser Bestände zu derselben Bonitätsstufe feststellen kann. Selbstverständlich bleibt es bei diesem Verfahren unbenommen, dieselben Bestände nach Verlauf einiger Jahre noch ein oder mehrere Male aufzunehmen und die Ergebnisse zur Konstruktion der Tafeln zu verwenden. Hierdurch wird die Sicherheit ihrer Angaben wesentlich erhöht, und dies umsomehr, je öfter man die Beobachtung derselben Bestände wiederholt, das heißt, sich jenem ersten, als ungangbar bezeichneten Verfahren wieder nähert. Außerdem muß man, um brauchbare Durchschnittswerte zu gewinnen, möglichst viele Bestände überhaupt untersuchen, so daß jene Aufgabe, die Übereinstimmung der Bonitäten festzustellen, trotzdem immer bestehen bleibt.

Ehe man dies aber bewerkstelligen kann, ist es notwendig, sich sowohl über das Wesen der Normalität, wie über die Zahl und den Umfang der einzelnen Bonitätsstufen klar zu werden. Wie bereits erwähnt, ist die Normalität in dieser Beziehung ein etwas dehnbarer Begriff; er kann immer nur in Beziehung zu einer bestimmten Bonitätsstufe festgestellt werden. Um ihn zu gewinnen, bleibt nichts übrig, als mit geübtem praktischen Blick und unterstützt durch reiche Erfahrung solche Bestände herauszusuchen, welche als die vollkommensten erscheinen, und ihre Masse als Normalertrag zu betrachten. Andere weitere Bestände, welche dann ebenfalls als normal gelten sollen, müssen nun bei gleichem Alter mit jenen in der Masse übereinstimmen, sofern sie derselben Bonitätsstufe angehören. Sind aber diese Bedingungen erfüllt (gleiche Masse, gleiche Bonität), dann werden diese Bestände auch dieselbe Höhe bezw. Formhöhe aufweisen, so daß auch ihre Stammgrundflächen gleich sind. Mit anderen Worten: gleichalte Bestände derselben Bonitätsstufe sind dann normal, wenn sie gleiche Kreisflächen aufweisen. Natürlich muß in diesem Punkte die Praxis gewisse Schwankungen nach oben oder unten bewilligen, und diese Abweichungen sind auf Baurs Antrag*) vom V. d. f. V. A. auf 15 % festgesetzt worden.

Bei der Abgrenzung der Bonitätsstufen wird, wie dies ja nicht anders möglich ist, eine gewisse Willkürlichkeit nicht zu vermeiden sein. Diese Dinge sind in der Natur nicht gegeben, hier läßt sich nur an der Hand zahlreicher Massenermittelungen eine obere und eine untere Grenze für alle die unzählig vielen verschiedenen Grade der Ertragsfähigkeit des Bodens feststellen. Man hat sich dahin geeinigt, dieselben in 5 Bonitätsstufen zusammen-

*) 1888 auf der Vers. in Ulm.

zufassen, wo diese aber abzugrenzen sind, das muß natürlich dem Gutachten des einzelnen Bearbeiters überlassen bleiben. Beispielsweise könnte man, wie dies neuerdings vom V. d. f. V. A. geschehen ist,*) für jede Bonitätsstufe in einem gewissen Alter von vornherein eine gewisse Masse pro ha verlangen und dann die Entwickelung solcher Bestände nach vorwärts und nach rückwärts verfolgen. Mit Vorteil wird man sich hierbei der graphischen Methode bedienen, d. h. in ein rechtwinkliges Koordinatensystem mit dem Alter als Abscisse die Massen als Ordinaten auftragen und diejenigen gleichalten Bestände, deren Ordinatenendpunkte nahe bei einander liegen, als zu einer Bonitätsstufe gehörig betrachten. Sind dann außerdem von demselben Bestande mehrere, zeitlich auseinanderliegende Massenaufnahmen vorhanden, so erhält man durch Verbindung der bezüglichen Ordinatenendpunkte ein Kurvenstück, welches einen Teil des Wachstumsganges darstellt. Würde man mehrere solcher Kurvenstücke besitzen, welche sicher derselben Bonitätsstufe angehören, so erhielte man durch deren Aneinanderreihung die vollständige Wachstumskurve. Diese Feststellung der Zusammengehörigkeit in eine Ertragsklasse bildet die entscheidende, zugleich aber auch die schwierigste Arbeit bei der Aufstellung einer Ertragstafel. Man wendet zu diesem Zwecke entweder das sogenannte Weiserverfahren oder das (Baursche) Streifenverfahren an.

Das erstere beruht auf der Thatsache, daß der ältere Bestand aus dem jüngeren hervorgegangen ist und infolgedessen auch die Masse des jüngeren in sich enthalten muß, vorausgesetzt, daß inzwischen kein Abgang stattgefunden hat. Analysiert man also die Stämme eines älteren Bestandes, so erhält man den Inhalt (ebenso Mittelhöhe, Mitteldurchmesser und Stammgrundfläche) des um n Jahre jüngeren, soeben durchforsteten Bestandes und jeder andere durchforstete Bestand von gleichem Alter wie letzterer, der in den genannten Punkten mit diesem übereinstimmt, muß dann derselben Bonitätsstufe angehören. Von diesen kann man dann wieder auf die nächstjüngere Stufe schließen und so fort, bis man eine vollständige Ertragsreihe bekommt.

Ein derartiges Verfahren wurde zuerst von Huber**) vollständig durchgebildet, indem derselbe annahm, daß der Mittelstamm des haubaren Bestandes auch in früheren Altersperioden der Bestandsmittelstamm gewesen sei. Er analysierte also einen alten Stamm und vereinigte alle jüngeren Bestände, deren Mittelstamm den Dimensionen des ersteren im korrespondierenden Alter entsprach, zu einer Ertragsreihe. Das Verfahren ist aber unrichtig, weil seine Voraussetzung infolge der fortdauernden Stammzahlverminderung, welche vorzugsweise die schwächeren Stämme entfernt, nicht zutreffend ist.

Besser ist das Verfahren von Theodor***) und Robert†) Hartig, welche in ähn-

*) 1888 in Ulm. A. F. u. J. Z. 1889, S. 74.

**) Z. f. F. u. J. W. v. Behlen 1824 II. 3. Hft. und 1825 IV. 1. Hft.

***) Th. Hartig, Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rotbuche 1847.

†) R. Hartig, Vergleichende Unters. über d. Wachstumsgang der Buche u. Eiche im Spessart 1865, und Rentabilität der Fichtennutzholzwirtschaft u. s. w. Stuttgart 1868.

licher Weise nicht den Mittelstamm, sondern die stärkste Stammklasse, von der man annehmen darf, daß sie immer die vorherrschende gewesen sei, als Weiserbestand benutzten.

Die hier nicht näher zu erörternden Nachteile dieses Verfahrens wollte Gustav Wagner beseitigen, indem er vorschlug, für jede Bonität mehrere Weiserbestände zu wählen und in diesen nur einige Mittelstämme der stärksten Klasse in vereinfachter Weise zu analysieren, d. h. nur Brusthöhendurchmesser- und Scheitelhöhenentwickelung zu bestimmen.

Allen diesen Weiserverfahren haftet jedoch der Nachteil an, daß sie sehr zeitraubend sind und daß alle zufälligen Eigenschaften des Weiserbestandes auf die anderen nach ihm bestimmten Musterbestände übertragen werden. Außerdem bieten so konstruierte Tafeln bei der praktischen Verwendung keine greifbaren und einfachen Anhaltspunkte zur Erkennung der Bonität der Bestände, auf welche sie Anwendung finden sollen. Infolge dessen wendete Baur ein anderes rein graphisches Verfahren, das Streifenverfahren an.*) Er nimmt, indem er die mittlere Bestandshöhe als Charakteristikum der Bonitätsstufe benutzt, für alle Bonitäten möglichst gleich viele Probebestände auf, und trägt ihre Massen mit dem Alter als Abscisse, wie schon geschildert, in ein Koordinatensystem ein. Durch die Verbindungslinie der höchsten und die der niedrigsten der aufgetragenen Punkte erhält er die Grenzen für die höchste und die geringste Wachstumsleistung. Indem er dann die Fläche zwischen diesen beiden Kurven durch vier aus freier Hand gezogene Kurven in fünf Streifen teilt, und, ebenfalls gutachtlich, in der Mitte eines jeden Streifens eine Mittelkurve zieht, gewinnt er eine graphische Darstellung des mittleren Wachstumsganges einer jeden Standortsklasse. Jedenfalls ist dies Verfahren sehr anschaulich und würde den Weiserverfahren entschieden vorzuziehen sein, wenn die behauptete Übereinstimmung der Höhenentwickelung mit der Standortsgüte in vollem Umfange besteht, wie es allerdings den Anschein hat.

Um eine Anschauung über den Inhalt einer fertigen Ertragstafel zu geben, sei nachstehend der Kopf einer solchen mit einigen Einträgen (Fichte II. Bonität nach v. Lorey**) wiedergegeben.

Schema einer Ertragstafel.

Alter	Hauptbestand									Nebenbestand	
	Stammzahl	Stammgrundfläche	Mitteldurchmesser	Mittelhöhe	lauf. jährl. Höhenzuwachs	Masse: Derbholz	Masse: Gesamtmasse	Derbformzahl	Baumformzahl	Stammzahl	Gesamtmasse
Jahre		qm	cm	m		fm					fm
10	—	1,2	—	1,9	—	—	37	—	16,2	—	--
50	2600	37,6	13,6	13,9	0,36	300	408	0,576	0,781	550	29
100	655	57,6	33,5	29,0	0,20	800	885	0,479	0,530	20	21

*) Holzmeßkunde IV. Aufl. S. 257.

**) Ertragstafeln für die Fichte, Frankf. 1899 S. 81.

d) Anwendung der Ertragstafeln.

Da bei einem Bestande Alter, Bonität und Masse in einem ganz bestimmten, in den Ertragstafeln dargestellten Zusammenhange stehen, so kann man mit ihrer Hilfe stets eine dieser drei Eigenschaften bestimmen, sofern man die beiden anderen kennt. Es dienen also die Ertragstafeln 1. zur Altersbestimmung, 2. zur Bonitierung und, worauf es uns hier ankommt, 3. zur Ermittelung der Masse, des Zuwachses und der die Masse bildenden Faktoren: Höhe, Grundfläche und Formzahl.

Will man dieselben für letzteren Zweck bei einem gegebenen Bestande benutzen, so ist zunächst festzustellen, welcher Bonitätsstufe (Standortsgüte) derselbe angehört. Ein geübter Taxator wird dies schon nach dem Augenschein ziemlich sicher ansprechen können und in jüngeren Beständen ist auch keine andere Möglichkeit gegeben. Besser aber ist es, wenn man zu diesem Zwecke die Bestandsmittelhöhe verwenden kann, welche für mittelalte und alte Bestände in Verbindung mit dem Alter einen guten Weiser für die Standortsgüte abgiebt. Man hat also nur zu prüfen, für welche Bonitätsstufe die gemessene Bestandsmittelhöhe mit der Angabe für das betreffende Alter in der Tafel ganz oder wenigstens annähernd übereinstimmt.

Hat man so die Standorts-Bonität des Bestandes festgestellt, so gilt es dann weiter, seine Abweichung von der normalen Beschaffenheit zu ermitteln. Dies geschieht, indem man seine Kreisflächensumme mit jener der Tafel vergleicht. Stimmen beide nicht überein, so ist der Bestand nicht normal und es müssen alle vom Schlußgrad abhängigen Tafelangaben, insbesondere die Masse, im Verhältnis dieser Flächen reduziert werden.

Auf diese Weise ist man aber auch imstande, den Zuwachs eines Bestandes an Höhe, Grundfläche oder Masse für jedes beliebige vorhergehende oder folgende Jahr aus den Tabellen zu entnehmen. Es eignet sich dies Verfahren also ganz besonders zur Bestimmung des künftig zu erwartenden Zuwachses. Man geht dabei sicherer, als wenn man ihn durch direkte Messung am Bestande aus dem der letzten Jahre ableiten wollte, denn dieser kann durch irgend welche vorübergehende Zufälligkeiten, z. B. eine Periode trockener Jahre, beeinflußt sein.

3. Nach dem Durchschnittszuwachs.

Wie in den vorangehenden allgemeinen Erörterungen über den Zuwachs schon auseinander gesetzt ist, stimmt der laufende Zuwachs mit dem durchschnittlichen im Jahre der Kulmination des letzteren überein. Beide Größen sind aber auch in den diesem Zeitpunkte zunächst vorangehenden und folgenden Jahren nur wenig verschieden, so daß man für diese mit etwa 20 Jahren zu bemessende Periode ohne großen Fehler an Stelle des laufenden den Durch-

schnittszuwachs setzen darf. Damit ist aber der große Gewinn einer wesentlichen Erleichterung im Ermittelungsverfahren verbunden, weil sich der letztere ja einfach durch Division der Masse durch das Alter ergiebt.

Will man also dies einfache Verfahren anwenden, so hat man sich über den ungefähren Zeitpunkt des höchsten Durchschnittszuwachses zu verlässigen und kann sodann für die vorangehende Periode diesen um etwas erhöhen, für die spätere etwas erniedrigen, um dem Betrage des laufenden Zuwachses näher zu kommen. Man wird überhaupt bei derartigen Ermittelungen dem thatsächlichen Zustande des Bestandes Rechnung tragen, seine Wuchsfreudigkeit im allgemeinen berücksichtigen müssen und wird bei solcher gutachtlicher Korrektur des Durchschnittszuwachses gegenüber den anderen Methoden der Zuwachsermittelung, welche viel umständlicher sind, nicht wesentlich nachstehen, namentlich dann nicht, wenn man die Anwendung des Verfahrens auf angehend haubare und haubare Bestände beschränkt.

4. Nach erfahrungsgemäßen Zuwachsprozenten.

Für solche Bestände, deren Bestockungsgrad von der Normalität wesentlich abweicht, also z. B. für Lichtungsschläge oder Mittelwälder, ist die für gewöhnlich in der Praxis angewendete Methode der Zuwachsbestimmung nach Ertragstafeln nicht vorteilhaft, weil dieselben in der Regel einen ganz anders verlaufenden Zuwachsgang aufweisen, dem man durch die Korrektur nach der Stammgrundfläche nicht zu folgen vermag. Auch die Benutzung des Durchschnittszuwachses kann aus demselben Grunde bedenkliche Irrtümer mit sich bringen. Will man in solchen Fällen nicht die zeitraubende direkte Messung des Z am ganzen Bestande vornehmen, so bleibt als letzte Methode noch die Ermittelung nach Zuwachsprozenten übrig. Man kann hierbei, sofern es sich nur um eine annähernde Ermittelung handelt, recht wohl einfach erfahrungsgemäße Prozentsätze benutzen, da diese sich nicht in denselbem Verhältnisse ändern, wie die ihnen entsprechenden absoluten Zuwachsbeträge. Diese Prozentsätze sind übrigens, ganz im allgemeinen betrachtet, bei Beständen von geringerer Bonität höher, als auf den guten Standorten, sie sind ferner in lichtgestellten Beständen höher, was besonders zu beachten ist, falls man sie den normal bestockten Beständen der Ertragstafeln entnimmt. Schließlich nehmen sie auch mit zunehmendem Alter regelmäßig ab, weil dem anwachsenden Holzvorrat des älteren Bestandes nicht ein entsprechend gesteigerter, im höheren Alter sogar ein verminderter Jahreszuwachs gegenübersteht. Entstehen bezüglich der Höhe des anzuwendenden Prozentsatzes Zweifel, so wird es vorteilhaft sein, an einer Reihe von Einzelstämmen das Zuwachsprozent zu bestimmen, wobei der Zuwachsbohrer vortreffliche Dienste leistet. Man wird zu diesem Zwecke nicht Bestandsmittelstämme wählen, da diese durchaus nicht den mittleren Zu-

wachs repräsentieren müssen, man wird sich vielmehr die Probestämme aus möglichst vielen Durchmesserstufen heraussuchen und darf dann das arithmetische Mittel aus den Zuwachsprozenten der Einzelstämme als das Zuwachsprozent des Bestandes betrachten. In gleichmäßigen Beständen genügen hierzu schon etwa 10—20 Untersuchungen. Streng genommen ist dies allerdings nur richtig, wenn die Stammklassen, an deren Vertretern man die einzelnen Stammzuwachsprozente erhoben hatte, zu gleichen Anteilen an der Zusammensetzung der Bestandsmasse beteiligt sind. Will man genau verfahren, so bleibt nichts anderes übrig, als die Zuwachsprozente p_1; p_2; p_3 u. s. f. dieser einzelnen Stammklassen mit den Inhalten V_1; V_2; V_3 u. s. f. zu berechnen. Dann wird der Zuwachs Z des ganzen Bestandes zusammengesetzt aus

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \cdots = \frac{V_1 p_1}{100} + \frac{V_2 p_2}{100} + \frac{V_3 p_3}{100} \cdots$$

und das durchschnittliche Bestandszuwachsprozent ist dann

$$p = \frac{Z\,100}{V_1 + V_2 + V_3 \cdots}$$

Zur Berechnung des Zuwachsprozentes für längere Perioden wird man sich wiederum der Preßlerschen Formel

$$p = \frac{V - v}{V + v} \cdot \frac{200}{n},$$

in welcher V und v die Bestandsmassen am Ende und Anfang der n jährigen Periode bedeuten, bedienen können. Man kann aber auch die von Borggreve*) umgeformte Schneidersche Formel $\frac{400}{n\,d}$ in der Form

$$p = \frac{100\,\Sigma\frac{4\,d}{n}}{\Sigma\,d^2}$$

worin das Zeichen Σ eine Summe bedeutet, benutzen. Dieselbe läßt sich wie folgt beweisen. Für kurze Zeiträume darf man bekanntlich einfach setzen

$$z = \frac{m\,p}{100}.$$

*) Die Forstabschätzung, Berlin 1888. S. 42.

Versteht man hierin nun unter m die Stammgrundfläche $\frac{\pi}{4}d^2$ und setzt man für p den Schneiderschen Ausdruck $\frac{400}{nd}$, so ist

$$z = \frac{\frac{\pi}{4}d^2}{100} \cdot \frac{400}{nd}.$$

Für die Querflächen sämtlicher Stämme eines Bestandes $\left(G = \frac{\pi}{4}d_1^2 + \frac{\pi}{4}d_2^2 + \frac{\pi}{4}d_3^2 \cdots\right)$ erhält man das Flächenzuwachsprozent aus der Proportion

$$100 : p_g = \left(\frac{\pi}{4}d_1^2 + \frac{\pi}{4}d_2^2 + \cdots\right) : \left[\frac{\frac{\pi}{4}d_1^2}{100} \cdot \frac{400}{n_1 d_1} + \frac{\frac{\pi}{4}d_2^2}{100} \cdot \frac{400}{n_2 d_2} \cdots\right]$$

$$= \left(d_1^2 + d_2^2 + \cdots\right) : \left(\frac{4d_1}{n_1} + \frac{4d_2}{n_2} + \cdots\right) \text{ oder allgemein}$$

$$p_g = 100 \cdot \frac{\Sigma \frac{4d}{n}}{\Sigma d^2}.$$

Würde man nun d an stehenden Stämmen in Brusthöhe gemessen haben, so würde man, wie bei der Besprechung der Schneiderschen Formel schon erörtert worden ist, um das Massenzuwachsprozent zu bekommen, statt der Zahl 400 eine höhere Konstante zu wählen haben, oder muß, was auf dasselbe hinausläuft, das Resultat p_g noch mit 1,2 bis 1,4 multiplizieren. Infolge der hierin liegenden Unsicherheit kommt aber das ganze Verfahren in Anwendung auf Ermittelung des Bestandszuwachses nicht über die Bedeutung eines Näherungsverfahrens hinaus.

Namen- und Sachregister.

Abney, Spiegeldiopter 161.
Abrundung der Durchmesser 248.
Absolute Formzahlen 204. 227.
— — nach Riniker 205. 228.
Abstandszahl nach Preßler 310.
— Schätzung mit Hilfe der 309.
Älterwerden, relatives 332.
Aichung des Xylometers 96.
Aldenbrück (Kluppe) 55.
— -Friedrichsche Kluppe 56.
Alter, durchschnittliches 326.
— mittleres 327.
— wirtschaftliches 323.
Altersbestimmung 321.
Amsler, Polarplanimeter 81.
Astmasse, Gesetz der, von Preßler 236.
Ast- und Stockholzmassenermittelung 236.
Aufnahmeheft 244.
Aufnahmsliste nach Höhenklassen 246.
— ohne Ausscheidung von Höhenklassen 245.
Ausführung, die, der stereometrischen Kubierung 47.

Barth (Kluppe) 53. 55.
Bauholz 8.
Bauholzwinkelspanne 73.
Baumformen im allgemeinen 9.
Baumhöhenmesser von Matthes 154.
Baummassentafeln 268.
Baummesser mit Fernrohr von Wimmenauer 181. 182.
Baummeßkette 75.
Baummeßkluppe mit Registrierapparat und Zählwerk von Reuß 61.
Baumquerflächen, die Ermittelung der 77.
Baumreißer 243. 244.
Baumstärkenmesser von Friedrich 186.
Baumzirkel 70.
Baur, Leistung der Kluppe 252.
— Streifenverfahren (Ertragstafeln) 377.
— Zuwachslineal 75.
Behringersches Schätzungsverfahren 305.
Bestandsaufnahme 242.
Bestandskluppierung 243.
Bestandsmassenkluppe von Hirschfeld 67.
Bestandsmittelstamm, Methode des 289.
Blochholzwinkelspanne 72.
Bodenhöhenformzahl von Speidel 205. 231.
Bodenstein, selbstregistrierende Typenkluppe 64. 252.
Böhmerle (Kluppe) 56.
Bohn, Gefällmesser 158.
Borggreve, umgeformte Schneidersche Formel 381.
Bose, Höhenmesser 155.
Brennholz 9.
Brennrinde 9.
Bretschneider, Abstandszahl 311.
Breymann, Formel der Inhaltsermittelung 190. 294.
— Forstliches Universalinstrument 164. 179.
— Verfahren der Formzahlermittelung 294.
— Volumenzuwachsermittelung 353.
Brusthöhenformzahlen 205. 206. 210.
Burckhardt, Vorertragstafeln 314.
Burkhard, Rechenmaschinen 86.
Busesche Registrierkluppe 65. 252.

Centimetermaß als Höhenmesser 148.
Christen, Höhenmesser 145.
Chytráček, Kubierungsverfahren von 41.
Crelle, Rechentafeln 86.
Cubage au cinquième 40.

Dagonski, Kluppenstock 60.
Danckelmann, Vorertragstafeln 314.
Darrscheit 109.
Dendrometer 118.
— mit Mikrometerfernrohr 181.
— von Guttenberg 180.
— — Peltzmann 133. 178.
— — Rueprecht 136. 177.
— — Sanlaville 142. 178.
— — Starke 181. 184.
— — Winkler 175.

Dendrometer von Winkler-Großbauer 124.
Denzins Verfahren zur Inhaltsermittelung 235.
Derbholz 8.
Derbholzmassentafeln 268.
Derbstangen 9.
Deubel-Tesdorpf, Feld- und Waldtachymeter 164.
Doppelringe 323.
Draudt, Berechnung des Probeholzes 280.
Draudtsches Princip 276.
— Verteilung der Probestämme 279.
Drehscheibenquadrat, Trümbachs 130.
Druckregistrierkluppe von Eck 63.
Durchmessermeßband 74.
Durchmessermessung, die 50.
Durchmesserzuwachs 343. 346.
Durchmesserzuwachsprozent 359.
Durchschnittliches Alter 326.

Echte Formzahlen 206. 222.
Eck, Druckregistrierkluppe 63. 252.
Egger, Xylometer 95.
Einfluß der Durchmesserfehler auf den Stamminhalt 82.
— von Längenfehlern auf den Stamminhalt 49.
Ermittelung der Baumquerflächen 77.
Ertragskunde, forstliche, Begriff 1.
Ertragstafeln 321. 372.
— allgemeine 373.
Ertragstafelalter 331.
Ertragstafeln, Schätzung nach 308.
Exponentialmethode 40.

Faustmann, Spiegelhypsometer 126.
Fehler bei der Längenmessung 48.
— — — Durchmessermessung 83.
Feld- und Waldtachymeter von Deubel-Tesdorpf 164.
Fellenius, schwedische Kubierungskluppe 66.
Fennel, Prozentgefällmesser 158.
Festgehalt der Rinde 112.
Festmeter 8.
Flächenalter 327. 329.
Flächenermittelung, die 50.
Flächenzuwachs 343.
— — -prozent 359.
Formelalter 327.
Formel, Breymannsche 34.
— der geglichenen Fläche 23.
— Hoßfeldsche 24.
— Hubersche 28.
— Mittenflächen 28.
— Rieckesche 32.
— Simonysche 33.
— Smalianssche 23.
— Waltherssche 39.
— Weddlesche 34.
Formeln, allgemeine, für Kegelstümpfe 17.
— allgemeine stereometrische 11.
Formeln, allgemeine stereometrische, für Vollkörper 11.
— die für forstliche Zwecke vorgeschlagenen 23.
— Oetzels 39.
— Zusammenstellung der wichtigsten 42.
Formexponent 14.
— Berechnung des 14.
Formhöhe 232. 292.
Formhöhenmethode 295.
Formhöhentafel 297.
Formklassen 242.
Formzahlbestimmung nach Schaal 221.
— nach Kunze 220.
Formzahlen, absolute 204. 227.
— absolute, von Kiniker 205. 228.
— Arten 203.
— Begriff 201.
— echte 206. 222.
— Theorie 203.
— unechte 205.
Französische Methode aufs Fünftel 40.
Friedrich, Baumstärkenmesser 186.
— Kluppe 57. 69.

Gabelmaß 51.
Gerding-Borggrevesches Näherungsverfahren 311.
Grabbogen, der einfache 150.
Gruber, Kluppenstock 60.
Grundflächenalter 330.
Grundflächenformeln 17.
Grundflächenermittelung 247.
Grundflächen, Klassen gleicher 287.
Grundflächenzuwachs 343.
Grundflächenzuwachsprozente 359.
Grundner, Ausgleich der Durchmesserdifferenzen 246. 247.
Gümpel, mittleres Alter 327. 330.
v. Guttenberg, Dendrometer 180.
— Zuwachsermittelung 346.

Handloß, Kluppe 58.
Hartigs, Rob., Verfahren der Inhaltsermittelung 287.
— — Methode der Ertragstafelaufstellung 377.
— Th., Zuwachsermittelung am Astholz und Reisig 355.
Hartwich-Kogl, Kluppe 55.
Haumann, Kluppe 54. 66.
Havlik, Höhenmesser I 131.
— — II 138.
Heidler, Präzisionskluppe 59.
Hempel, Kluppe 55.
Heß, Leistung der Kluppe 252.
Heyer, Carl, Kluppe 53.
— Dr. E., Kluppe 53.
— Ed., abrundende Kluppe 251.
— — Hypsometer 144.
— G., mittleres Alter 327. 328.

Heyersche Methode (Xylometrie) 94.
Heyer-Staudinger, Kluppe 53.
Hilfsprobestamm 259.
Hirschfeld, Bestandsmassenkluppe 67. 252.
Höhenanalyse (Zuwachs) 341. 342.
Höhenmesser von Abney 161.
— — Bohn 158.
— — Bose 155.
— — Breymann 164.
— Centimetermaß als 148.
— von Christen 145.
— — Ertel 162.
— — Faustmann 126.
— — Fennel 158.
— I von Havlik 131.
— II von Havlik 138.
— von Ed. Heyer 144.
— — Hoßfeld 123.
— — Klaußner 132.
— — Matthes 154.
— — Matthes und Zugmeier 153.
— — Meyer-Hoßfeld 123.
— — Pelzmann 133.
— — Pfister 159.
— — Preßler 150.
— — Rueprecht 136.
— — Sanlaville 142.
— — Staudinger 158.
— — Stötzer 141.
— Theorie der forstlichen 118.
— von Trümbach 130.
— — Weise 129.
— — Winckler-Großbaur 124.
Höhenmeßinstrumente 121.
Höhenmessung 118.
— mit Visierstäben 122.
— mittelst rechtwinkligen, gleichschenkligen Dreiecks 135.
Höhenspiegel von Pfister 159.
Höhen- und Gefällmesser mit Libelleneinstellung 158.
Holzmeßkunde, Begriff 1.
— Einteilung 2.
— Geschichte 2.
— Litteratur 4.
— Stellung im System der Forstwissenschaft 1.
Holzmeßstock 53.
Hoßfeldsche Formel 24.
Hoßfeld, Xylometer 94.
Hydrostatische Methode der Inhaltsbestimmung 99.
Hypsometer von Ed. Heyer 144.

Jachnoffsche Registrierkluppe 63.
Ihrig, Genauigkeit der stammweisen Schätzung 306.
Indirekte Baumstärkenmessung 169.
— Höhen- und Stärkenmessung 118.
— Inhaltsbestimmung 98.
Inhaltsermittelung des Bestandes 239.
Inhaltsermittelung durch Aichung 94.
— mit Hilfe der Bestandsformhöhe 295.
— — Hilfe der Bestandsformzahl 292.
— — Hilfe des specifischen Gewichts 99.
— nach allgemeinen Formzahlen 274.
— — Formzahlen 201.
— — lokalen Massentafeln 275.
— — Massentafeln 233.
— stehender Bäume, Methoden der 189.
Inhaltsformel, allgemeine, für Rotationskörper 10.
Instrumente der Längenmessung 47.
— — Durchmessermessung 50. 175.

Kalk, Massenzuwachsprozent 368.
Katoptrische Höhenmesser 159.
Kegelparaboloidformel, Rudorffsche 38.
Kielmann, Baumzirkel 70.
Klauprecht, Xylometer 95.
Klaußnerscher Höhenmesser 132.
— Stärkenmesser 176.
Kluppe 51. 243.
— abrundende, nach Ed. Heyer 251.
— — — Weise 251.
— einfache Meß- 52.
— für wissenschaftliche Zwecke 69.
Kluppenkonstruktionen, die wichtigsten 52.
Kluppen mit Federn und Schraube 53.
— — Keil und Schraube 53.
— — zwei festen Schenkeln 57.
Kluppenstock 60.
— von Nagy 74.
— — Treffurth 74.
Kluppe, Schemnitzer 58.
— von Aldenbrück-Friedrich 56.
— — Barth 53. 55.
— — Böhmerle 56.
— — Friedrich 57.
— — Haumann 54.
— — Hartwich-Kogl 55.
— — Hempel 55.
— — Heyer, Carl 53.
— — Heyer (Gust.) und Staudinger 53.
— — Lütken 59.
— — Micklitz 57.
— — Neuhöfer und Sohn 53.
— — Otten 56.
— — Püschel 57.
— — Preßler 53.
— — Reißig 53.
— — Schulze 55.
— — Stahl 58.
— — Staudinger 69.
— — Wimmenauer 251.
Kluppieren 243.
Knüppel 9.
König, Gottl., Formzahl 202.
— — Baumformzahlen 214.
Königsches Meßbrettchen 124.
Kopezky, Massenkurvenverfahren 276.
Korrigierte Richthöhe, Preßler 195.

Kreisflächenalter 329.
Kreisflächentafeln 86.
Kreisflächenzählkluppe von Wimmenauer 251.
Kreisprobeflächenverfahren nach Zetzsche 304.
Kubierung aus der Stammmitte 351.
— der Klötze aus Oberstärke und Länge 89.
— — Stangen aus Unterstärke und Länge 90.
— nach Erfahrungszahlen 89.
— — geglichenem Durchmesser 37.
Kubierungskluppen 65.
— schwedische 66.
— württembergische 65.
Kubierungskreis von Weber 87.
Kubierung, sektionsweise 35.
— — nach der Mittenflächenformel 36.
— — — — Rieckeschen Formel 36.
— — — — Smalianschen Formel 35.
Kubiktabellen 86.
Kubus, Rundholzrechenapparat 87. 88.
Kunze, Formzahlbestimmung 220.
— Massenzuwachsprozent 365.
— Zuwachsprozent 358.

Längenfehler, Einfluß von, auf den Stamminhalt 49.
Längenmessung 47.
— Fehler bei der 48.
Langnutzholz 8.
Leuthner, Zirkelkluppe 71.
v. Löwis, Prinzip der Verteilung der Probestämme 276.
Lokalbestandstafel 308.
Lokalertragstafel 308. 373.
v. Lorey, Durchmesserabrundung 249.
— Ertragstafeln 374.
— Umsetzen 333.
— wirtschaftliches Alter 323.
Lütken, Kluppe 59.

Massenalter 327.
— Smalianisches 327.
Massenkurvenverfahren nach Speidel 275.
Massentafeln, allgemeine 268.
— Bedeutung 267.
— Begriff 233.
— für Fichtenstangen nach Unterstärke 93.
— — Nadelholzklötze nach Oberstärke 91.
— Gebrauch der 269.
— Geschichtliches 272.
— Konstruktion der, des Vereins deutsch. Vers. A. 268.
— lokale 268.
Massenzuwachs 348. 349.
— — -prozent 361.
Maßstock 243.
Matthes, Baumhöhenmesser 154.
— und Zugmeier, Höhenmesser 153.
Mayer, Patent-Gefäll- und Höhenmesser 157.
Meßband 48.
Meßbrettchen, Königsches 124.
Messen und Wägen 102.
Meßketten 48.
Meßknecht, der, von Preßler 150.
Meßlatten 48.
Meß- und Registrierkluppen 61.
Messungsmethoden 240. 241.
Messungsverfahren und kubische Berechnung beim Bau- und Nutzholz 103.
Metzger, Methode von 299.
Meyer-Hoßfeld, Höhenmesser 123.
Micklitz, Kluppe 57.
Mittelstamm 253.
Mittleres Alter 327.
Modellstamm 253.

Nagy, Kluppenstock 74.
Nasenkreuz 140.
Neigungsmesser, der Röthersche, von Ertel und Sohn 162.
Neuhöfer und Sohn, Kluppe 53.
Nichtderbholz 8.
Nutzreisig 9.
Nutzrinde 9.
Nutzscheitholz 9.

Oettelt 3.
Oetzels Formeln 39.
Okularschätzung 306.
Ottensche Kluppe 56.

Patent-Gefäll- und Höhenmesser von Mayer 157.
Paulsen, Reduktionszahl 202.
Peltzmann, Dendrometer 133. 178.
— Forstliches Universalinstrument 133.
Pfister, Präzisionsmeßband 344.
Präzisionskluppen 69.
— optische, nach Friedrich 69.
— von Heidler 59.
Präzisionsmeßband von Pfister 344.
Präzisionsmeßkluppe von Starke 70.
Präzisionsxylometer 98.
Preßler, Bestandsrichthöhe 298.
— Gesetz der Astmasse 236.
— Kluppe 53.
— korrigierte Richthöhe 195.
— Massenzuwachsprozent 363.
— Normalformzahlen 206. 215.
— Richthöhenmethode 192.
— Richtpunkt 192.
— Zuwachsbestimmung an zuwachsrecht entwipfelten Stämmen 351.
— Zuwachsbohrer 324. 346.
— Zuwachsprozent 358.
Probeflächen 239. 300.
Probeflächenmethode 300.
Probestammalter 330. 331.
Probestämme 240. 253.
— Auswahl der 259.
— ideelle 241. 267. 294.
— Kubierung der 262.